

633.3

INSTITUTO DE RECURSOS  
NATURALES Y AGROBIOLOGIA  
BIBLIOTECA  
Reg. Núm. 3992

01

N.º R. ALEPH	<u>298287</u>
N.º R. Bib.	<u>3992</u>
Signat.	<u>A/TFC-9</u>

6

EFFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA CAPACIDAD  
COMPETITIVA EN LEGUMINOSAS.

Juan Martín del Río

ANTEPROYECTO

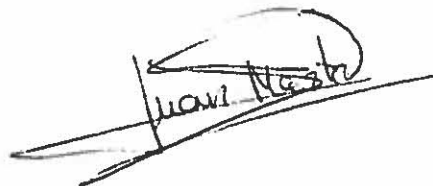
EFFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA CAPACIDAD COMPETITIVA EN LEGUMI-  
NOSAS.

La salinidad reduce el crecimiento y la producción vegetal.

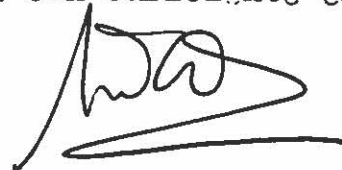
Las distintas especies y variedades de plantas presentan di-  
ferentes grados de tolerancia a la salinidad.

En este trabajo se estudiará cómo afecta la salinidad a las  
relaciones de competencia entre diferentes leguminosas forraje-  
ras: alfalfa (*Medicago Sativa*) y dos especies silvestres de meli-  
loto (*Melilotus Segetalis* y *Melilotus Indica*).

Se realizarán pruebas en invernadero de cultivos puros y cul-  
tivos mixtos de cada especie y se analizará la biomasa y la ab-  
sorción de nutrientes.



Considero que con estos objetivos  
se puede conseguir un Trabajo Fin  
de Carrera con suficiente entidad.



Fdo. Carmen Ortega  
Profesora de Química Agrícola



## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, cuyos medios e instalaciones he utilizado para la realización de este trabajo.

A Carmen Ortega, profesora de Química Agrícola de la E.U.I.T.A., bajo cuyo estímulo decidí realizar este proyecto.

A Teodoro Marañón, sin cuya dirección y asesoramiento este trabajo no hubiese sido posible.

A Jose Manuel Hernández por su gran ayuda y asesoramiento en temas de laboratorio y a todo el personal del I.R.N.A. de Sevilla que de una u otra forma hayan colaborado en llevar a término el presente proyecto.

## INDICE

### I. INTRODUCCION

I.1.	CONCEPTO	7
I.2.	FUENTES DE SALES SOLUBLES	8
I.3.	SALINIZACION DE LOS SUELOS	10
I.4.	CLASIFICACION	12
I.4.1.	Suelos salinos	12
I.4.2.	Suelos sódico-salinos	14
I.4.3.	Suelos sódicos no salinos	14
I.5.	EFFECTOS PERJUDICIALES DE LOS SUELOS SODICOS Y SALINOS EN LAS PLANTAS. SINTOMAS	17
I.6.	SOLUCIONES A LA SALINIDAD	21
I.6.1.	Bonificación de suelos salinos y suelos sódicos	21
I.6.1.1.	Suelos salinos	21
I.6.1.2.	Suelos sódicos no salinos	23
I.6.2.	Selección de especies para suelos salinos. Mejora genética	24
I.7.	UNA APROXIMACION AL GENERO <u>MELILOTUS</u>	27
I.8.	OBJETIVOS DEL TRABAJO	32

### II. MATERIALES

II.1.	MATERIAL VEGETAL	34
II.1.1.	<u>Medicago sativa</u>	34
II.1.2.	<u>Melilotus indica</u>	35
II.1.3.	<u>Melilotus segetalis</u>	35
II.2.	INVERNADEROS	36
II.3.	DESCRIPCION DE LA FINCA	37
II.4.	DATOS CLIMATICOS	37



II.5.	SUSTRATO	38
II.6.	AGUA DE RIEGO	39
III.	METODOS	40
III.1.	DISEÑOS EXPERIMENTALES	40
III.1.1.	Ensayos de competencia y producción de biomasa bajo diferentes condiciones salinas	40
III.1.2.	Estudio de la composición mineral	44
III.2	METODOS ANALITICOS	46
III.2.1.	Suelos	46
III.2.1.1.	Conductividad eléctrica	46
III.2.2.	Material vegetal	47
III.2.2.1.	Toma y preparación de las muestras	47
III.2.2.2.	Nitrogeno	47
III.2.2.3.	Método de rutina para la mineralización de la muestra	48
III.2.2.4.	Fósforo	49
III.2.2.5.	Sodio y Potasio	50
III.2.2.6.	Calcio y Magnesio	50
III.2.2.7.	Hierro, manganeso, zinc cobre	51
IV.	RESULTADOS	52
IV.1.	COMPETENCIA Y NUTRICION. CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES	52
IV.1.1.	Macronutrientes	52
IV.1.2.	Micronutrientes	55
IV.2.	COMPETENCIA Y PRODUCCION DE BIOMASA	59

IV.2.1.	Producción de biomasa y competencia entre <u>Melilotus indica</u> y <u>Melilotus</u> <u>segetalis</u>	59
IV.2.2.	Producción de biomasa y competencia entre <u>Melilotus segetalis</u> y <u>Medicago sativa</u>	60
V.	CONCLUSIONES	62
VI.	BIBLIOGRAFIA	65

## I. INTRODUCCION

### I.1. CONCEPTO

Si nos asomamos a la literatura universal encontraremos multitud de términos y definiciones diferentes. En principio vamos a sentar la definición de suelos salinos en su acepción más amplia, esto es, considerando en tal definición todos los suelos afectados, sea de la forma que sea, por la presencia de sales solubles. Harris define los suelos alcalinos como aquellos en los que las sales solubles se encuentran en suficiente concentración para perjudicar el crecimiento de las plantas. Weaber y Clements las definen como aquellos de drenaje escaso que se forman en áreas húmedas, de desecación periódica excesiva, que han de recibir o están recibiendo un exceso de sales .

Magistad y Christiansen consideran suelos salinos aquellos que contienen suficientes sales solubles como para disminuir las cosechas.

Kearney y Scofield, consideran que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa en cuanto el contenido de sales en el suelo excede del 1%, Scofield considera que un suelo es salino si la solución extraída de una pasta saturada del suelo tiene una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm o mayor.

## 1.2. FUENTES DE SALES SOLUBLES .

Las sales solubles del suelo consisten principalmente en varias proporciones de los cationes sodio, calcio y magnesio y de los aniones cloruro y sulfato; el catión potasio y los aniones bicarbonato, carbonato y nitrato, se encuentran generalmente en cantidades menores. La fuente original y en cierto modo la más directa de la cual provienen las sales antes mencionadas, son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre. Durante el proceso de intemperización química que comprende hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación, estos constituyentes gradualmente son liberados adquiriendo mayor solubilidad.

Aunque la intemperización de los minerales primarios es la fuente indirecta de casi todas las sales solubles, hay pocos ejemplos en los que se haya acumulado suficiente cantidad de sal de este origen para formar un suelo salino. Los suelos salinos generalmente se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades, siendo el agua el principal medio de transporte. El océano puede ser la fuente de sales en aquellos terrenos formados por depósitos marinos que se asentaron y que a partir de entonces han emergido. El océano es también la fuente de sales en terrenos bajos que se encuentran a lo largo de las costas. A veces la sal se mueve tierra adentro a consecuencia de la brisa (sal cíclica). Sin embargo lo más común es que la fuente directa de estas sales

sean las aguas, tanto superficiales como subterráneas, ya que las contienen disueltas y su concentración del contenido salino del suelo y de los materiales que han estado en contacto con estas aguas. Las aguas actúan como fuente de sales cuando se usan para riego y pueden también agregar sales al suelo bajo condiciones naturales, cuando inundan las tierras bajas o cuando el agua subterránea sube hasta cerca de la superficie.

### I.3. SALINIZACION DE LOS SUELOS

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido. En condiciones húmedas, las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas inferiores, hacia el agua subterránea y finalmente transportadas a los océanos. Por lo tanto, los suelos salinos de hecho no existen en las regiones húmedas, excepto cuando el suelo ha estado expuesto al agua del mar en los deltas de los ríos y en otras tierras bajas cercanas al mar. En las regiones áridas el lavado es de naturaleza local y las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos. Esto ocurre no solamente porque hay menos precipitaciones, sino también a consecuencia de la elevada evaporación característica del clima árido, que tiende a concentrar las sales en el suelo y en el agua superficial.

El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La capa freática poco profunda casi siempre guarda relación con la topografía del terreno. El problema de salinidad de mayor importancia económica se presenta cuando a consecuencia de la irrigación, un suelo no salino se vuelve salino. Estos suelos frecuentemente se encuentran en valles cercanos a las corrientes y por la

facilidad con que pueden irrigarse, se escogen los más planos para el cultivo. Aún cuando estos suelos estén bien drenados y no sean salinos bajo condiciones naturales, puede ser que el drenaje no sea adecuado para la irrigación. En las nuevas tierras puestas en riego los agricultores suelen olvidar la necesidad de establecer drenajes artificiales, a consecuencia de ello, la capa freática puede surgir de profundidades considerables y llegar hasta la superficie del suelo en pocos años.

Las aguas para riego pueden contener de 0.1 a 5 toneladas de sal por hectárea en una lámina de 30 cm. de agua y la aplicación anual de ésta puede llegar hasta 1.50 m. o más. Cuando la capa freática se eleva hasta 1.50 ó 1.80 m. de la superficie del suelo, el agua subterránea se mueve hacia arriba, llegando a la zona radicular del cultivo y a la superficie del suelo; en tales condiciones, el agua del suelo y la de riego contribuyen a la salinización del suelo.

#### I.4. CLASIFICACION

Existen muchas posibilidades de criterio de clasificación, bien sea partiendo de su origen, de las sales que lo forman, de las condiciones climáticas, etc. La clasificación que proponemos es la siguiente:

##### 1º Terrenos de origen marino actual

- a) Marismas en clima árido.
- b) Marismas en clima húmedo.

##### 2º Terrenos de origen marino antiguo

- a) Terrenos salinos evolucionados.
- b) Terrenos salinos propiamente dichos.

##### 3º Terrenos de origen no marinos salinizados.

- a) Retrogradados por el riego con agua normal.
- b) Retrogradados por el riego con agua salada.

Dentro de ellos se formarán tres subgrupos:

- 1º Suelos salinos.
- 2º Suelos sódicos-salinos.
- 3º Suelos sódicos no salinos.

##### I.4.1. Suelos Salinos

Se trata de suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm. a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15. Generalmente el pH es



menor de 8.5. Estos suelos corresponden al tipo descrito como suelos "alcalí blanco" y a los "Solonchaks". En estos suelos el establecimiento del drenaje adecuado, permite eliminar por lavado las sales solubles.

Casi siempre se reconocen los suelos salinos por la presencia de costras blancas de sal en su superficie.

Las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas por el tipo y cantidad de sales presentes. El sodio rara vez representa más de la mitad del total de los cationes solubles y por tanto, no es adsorbido de forma importante. Las cantidades relativas de calcio y magnesio presentes en la solución del suelo y en el complejo de intercambio, varían considerablemente. Tanto el potasio soluble como el intercambiable son, en general, constituyentes de menor importancia, aún cuando ocasionalmente se tornen en constituyentes mayores. Los aniones principales son el cloruro, el sulfato, y a veces el nitrato. Pueden presentarse también pequeñas cantidades de bicarbonato.

Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades significantes de sodio intercambiable. En consecuencia, la permeabilidad es igual o mayor a la de suelos similares no salinos.

#### I.4.2. Suelos sódicos-salinos

Se llaman así aquellos suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm. a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15. Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay un exceso de sales el pH raramente es mayor de 8.5 y las partículas permanecen floculadas. Si el exceso de sales es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos no salinos. En cualquier caso el lavado de un suelo puede hacerlo mucho más alcalino (pH mayor de 8.5), las partículas se dispersan y el suelo se vuelve desfavorable para la entrada de agua y para las labores de labranza.

A veces estos suelos sódico-salinos contienen yeso y cuando son lavados, el calcio se disuelve reemplazando al sodio intercambiable. Esto tiene lugar con la eliminación simultánea de sales.

#### I.4.3. Suelos sódicos no salinos

Son aquellos suelos cuyo porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 mmhos/cm. a 25°C. El pH generalmente varía entre 8.5 y 10. Estos suelos corresponden

a los llamados "álcali negro" y, en ciertos casos, a los "Solonetz". Con mucha frecuencia se encuentran en las regiones áridas y semiáridas en áreas pequeñas e irregulares conocidas como "manchas de álcali impermeables". Siempre que en los suelos o agua de riego no se encuentre yeso, el drenaje y lavado de los suelos sódico-salinos conduce a la formación de suelos sódicos no salinos. La eliminación del exceso de sales en este tipo de suelos tiende a aumentar el grado de hidrólisis del sodio intercambiable, lo cual frecuentemente eleva el valor del pH. En los suelos altamente sódicos, la materia orgánica dispersa y disuelta puede depositarse en la superficie debido a la evaporación, causando así un ennegrecimiento y dando origen al término "álcali negro".

A la larga los suelos sódicos no salinos adquieren características morfológicas peculiares. La arcilla se dispersa parcialmente saturada con el sodio y es transportada hacia abajo con lo cual los primeros centímetros de suelo pueden presentar textura relativamente gruesa, aunque más abajo, donde se acumula la arcilla, el suelo puede desarrollar una capa densa y de baja impermeabilidad.

El sodio intercambiable en estos suelos puede tener una gran influencia en sus propiedades físicas y químicas. Al aumentar la proporción del sodio intercambiable, el suelo tiende a ser más disperso y el pH aumenta. La solución del suelo en suelos sódicos no salinos, aunque relativamente baja en sales solubles, tiene una composición que difiere

notablemente de la de los suelos normales y de los salinos. La mayor parte de los aniones son cloruros, sulfatos y bicarbonatos. A pH muy elevado y en presencia de iones carbonato, el calcio y el magnesio se precipitan, de manera que las soluciones del suelo, de suelos sódicos no salinos, suelen contener pequeñas cantidades de estos cationes, predominando el sodio.

### 1.5. EFECTOS PERJUDICIALES DE LOS SUELOS SODICOS Y SALINOS EN LAS PLANTAS.SINTOMAS.

Las concentraciones elevadas de sales como el cloruro y el sulfato de sodio pueden interferir con la absorción de agua por las plantas mediante la creación en la solución del suelo de una presión osmótica más elevada de la que existe en las células de las raíces. Además, la acumulación de sales incrementa el coeficiente de marchitamiento de los suelos y, por tanto, la presencia de sales puede reducir la cantidad de agua que proporcione el suelo a las plantas. También las plantas pueden ser dañadas por las sales solubles, aunque la concentración no sea suficiente para influir en la absorción de agua. En la entrada de iones nutrientes a los pelos radicales influyen la naturaleza y concentración de otros iones presentes. Por tanto las sales pueden producir dificultades nutritivas para los cultivos, debido a que éstos no pueden absorber del suelo los iones que necesitan.

La reacción altamente alcalina causada por la presencia de carbonato de sodio adsorbido reducen la disponibilidad de varios nutrientes, en especial del hierro, manganeso, zinc y fósforo. También, la solución de suelo alcalina tiene una acción corrosiva en la corteza de tallos y raíces.

En los suelos sódicos, el sodio intercambiable produce una defloculación de los coloides y, por tanto, una desorganización de las unidades estructurales del suelo. Esa condición lodosa vuelve al suelo más o menos impermeable,

retarda la entrada del agua de riego y la de lluvia y obstaculiza el drenaje. En suelos de textura fina, la penetración de raíces puede ser reducida por la densidad de la zona defloculada. La aireación también se reduce mucho, produciéndose condiciones anaeróbicas y conduciendo a la formación de compuestos reducidos que son tóxicos para las plantas.

Como consecuencia de todo lo anterior, cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas suelen presentar achaparramiento con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde-azul profundo y se ven manchones sin plantas. Debido a que la mayoría de las plantas son más sensibles a la salinidad durante su germinación, que en las últimas etapas de su desarrollo, los manchones son indicadores, más bien, de salinidad alrededor de la semilla, durante su germinación, que del estado general de salinidad del perfil del suelo. Frecuentemente, las prácticas de cultivo contribuyen a la acumulación de sales alrededor de la semilla, con la consiguiente falta de germinación.

Algunas especies desarrollan áreas necróticas características, así como quemaduras en las puntas y en los márgenes de las hojas, cuando crecen en suelos salinos.

El enrollamiento es una manifestación común de la deficiencia de humedad en las plantas, pero estos síntomas pueden ser indicativos de salinidad cuando ocurren en presencia de una humedad del suelo aparentemente adecuada.

Sin embargo, los síntomas anteriores pueden ser producidos por otros factores, tales como deficiencias nutritivas, enfermedades de la raíz, mantos freáticos elevados. Por lo tanto, aún cuando la apariencia del cultivo pueda indicar condiciones de salinidad, un diagnóstico seguro, requiere de pruebas analíticas del suelo y de las plantas.

**Escala de conductividad****(mmhos/cm a 25°C)**

0-2	Efectos de salinidad casi nulos
2-4	Los rendimientos de los cultivos más sensibles pueden ser restringidos
4-8	Se reducen los rendimientos de muchos cultivos
8-16	Sólo los cultivos tolerantes rendirán satisfactoriamente
16 ó más	Sólo unos cuantos cultivos muy tolerantes rendirán satisfactoriamente

**TABLA 1. Escala de conductividad.**



## I.6. SOLUCIONES A LA SALINIDAD

Después de analizar el problema que representa la salinidad se exponen a continuación los recursos más utilizados para paliar en lo posible, los daños que ocasiona. Hay que decir, sin embargo, que frecuentemente el principal obstáculo, no es de tipo físico, sino de tipo económico.

### I.6.1. BONIFICACION DE SUELOS SALINOS Y SUELOS SODICOS

#### I.6.1.1. Suelos salinos

Para el mejoramiento de los suelos salinos se necesita un buen drenaje. En el proceso de bonificación es esencial eliminar el exceso de sales de la zona de las raíces y eso sólo puede lograrse con la aplicación de suficiente agua para lavarlas a una mayor profundidad del suelo. A menos que haya un drenaje amplio, la adición de una cantidad grande de agua elevará el nivel freático y, por tanto, conducirá a un incremento de las acumulaciones de sal en la superficie del suelo, en lugar de lograr una corrección de la condición salina. Se debe proporcionar suficiente drenaje para reducir el nivel freático a una zona bastante inferior al nivel de penetración de las raíces. De preferencia, el nivel del agua freática nunca debe estar a menos de 2.4 a 3.0 m debajo de la superficie del suelo y se debe hacer todo esfuerzo razonable

para que nunca ascienda a entre 1.5 y 1.8 m de la superficie, aunque sea por un corto tiempo.

Teniendo un drenaje amplio, se puede proceder a lixiviar las sales. En suelos de textura fina, el proceso de bonificación será lento y más aún si el suelo está situada sobre una capa de subsuelo densa. De hecho, la presencia de una capa densa de arcilla hace difícil eliminar las sales aún de suelos de textura media a gruesa. Es dudoso que la bonificación de suelos con subsuelos de arcilla muy profunda resulte factible desde el punto de vista económico.

Se ha demostrado experimentalmente que todo lo que se necesita para mejorar suelos salinos que tienen un buen drenaje interno es lixiviarlos. La adición de sustancias químicas y el entierro de estiércol o de abonos verdes resulta innecesaria. No se pueden dar instrucciones precisas respecto a la frecuencia de los riegos o a la cantidad de agua a aplicar en cada uno de ellos. Los principales puntos que deben observarse son: (1) que se mantenga el suelo húmedo a fin de que la solución de suelo no se vuelva tan concentrada que perjudique al cultivo en desarrollo; (2) que en cada riego se aplique suficiente agua para que haya algo de lixiviación de sales en las aguas de drenaje, y (3) que el suelo de cada parcela de riego esté nivelado cuidadosamente para que el agua penetre en éste con uniformidad.

#### I.6.1.2. Suelos sódicos no salinos

Todo lo que se ha expuesto con relación a las necesidades de drenaje y de la aplicación de suficiente agua de riego para causar lixiviación es de tanta importancia, si no mayor, en la bonificación de suelos sódicos como en el tratamiento de suelos salinos. Aunque se ha demostrado que con la aplicación de cantidades abundantes de agua de riego y buenas prácticas agrícolas, finalmente se logrará la eliminación del sodio intercambiable, así como de las sales solubles, el proceso de bonificación puede acelerarse materialmente con la aplicación de diversas sustancias químicas. La base del tratamiento es el reemplazo en la fracción coloidal del sodio intercambiable por calcio y la conversión del sodio reemplazado y de cualquier cantidad del mismo que ocurra como carbonato a sulfato de sodio neutral.

Los cambios deseados pueden obtenerse con aplicaciones de grandes cantidades de sulfato de calcio (yeso) finamente molido. Con el azufre molido se logran los mismos resultados, aunque con mayor lentitud. El azufre primero debe oxidarse en el suelo y luego se combina con agua para formar ácido sulfúrico. También han resultado efectivos otros sulfatos solubles, como los de hierro o de aluminio. Para completar las reacciones se necesita cierta cantidad de calcio soluble. El ácido que resulta de las adiciones de azufre disuelve el carbonato cálcico que puede estar presente en el suelo para proporcionar calcio soluble. El sodio intercambiable

perjudicial se puede entonces reemplazar por calcio, con una mejora de las condiciones físicas del suelo.

#### I.6.2. ELECCION DE ESPECIES PARA SUELOS SALINOS. MEJORA GENETICA

Debido a un agua para riego salina, a una capa freática a poca profundidad, o a permeabilidad deficiente del suelo, puede suceder que no sea factible mantener baja salinidad en forma económica. Bajo tales circunstancias, la selección de especies que puedan producir mejores rendimientos bajo condiciones de salinidad se hace necesaria. Una vez elegidas las especies más convenientes éstas serán susceptibles de una mejora genética que aumente en lo posible su natural tolerancia salina.

Centramos nuestra atención en las Marismas del Guadalquivir, escenario ecológico donde han sido seleccionados naturalmente determinados biotipos de plantas tolerantes a la salinidad. Entre los recursos fitogenéticos de la Marisma y centrándonos en las leguminosas por su alto valor nutritivo, destacamos por su productividad y tolerancia las siguientes:

Lotus arenarius

Medicago ciliaris

Scorpiurus muricatus

Medicago littoralis

Trifolium isthmocarpum

Medicago polymorpha

<u>Trifolium resupinatum</u>	<u>Medicago minima</u>
<u>Trifolium tomentosum</u>	<u>Melilotus indica</u>
<u>Trifolium squamosum</u>	<u>Melilotus segetalis</u>
<u>Trifolium fragiferum</u>	<u>Melilotus messanensis</u>

Un aspecto muy a tener en cuenta cuando se seleccionan especies para suelos salinos, es la tolerancia de aquellas a las sales durante la germinación, ya que frecuentemente se obtienen cultivos deficientes debido a fallos considerables en la población de plantas. Este problema se complica porque ciertas especies muy tolerantes a las sales durante las últimas etapas de su desarrollo, son extremadamente sensibles a ellas durante la germinación.

En cuanto a la mejora genética de la tolerancia a la salinidad, se trata de un carácter poligénico, regulado a diferentes niveles de organización y poco conocido.

Con las nuevas técnicas de manipulación genética se puede potencialmente insertar genes de cualquier planta en aquella que se desea mejorar. Sería posible identificar el carácter "tolerancia salina" en una planta silvestre que vive en zonas salinas e insertarlo en una planta cultivada, de ahí el interés del estudio de los recursos fitogenéticos, su evaluación y la identificación de genes potencialmente interesantes. Será, por tanto, conveniente la conservación e investigación de la diversidad vegetal.

La selección y mejora de plantas tolerantes a la salinidad es un proceso lento debido a dificultades tales

como el hecho de que la salinidad puede estar causada por diferentes tipos de sales y presenta grandes variaciones en el espacio y en el tiempo, que no se han identificado marcadores que permitan reconocer fácilmente una planta tolerante salina, o que la comprensión básica de los mecanismos de tolerancia salina es todavía insuficiente.

### I.7. UNA APROXIMACION AL GENERO MELILOTUS

Las especies de Melilotus son nativas de la región templada y subtropical de Eurasia y norte de Africa, algunas de ellas son cultivadas por su valor forrajero. La Cuenca Mediterránea representa uno de los centros de diversidad de plantas pascícolas, especialmente destacan las leguminosas, que han recibido una gran atención como recursos fitogenéticos exportables a otras áreas de clima mediterráneo, en Australia, California y Chile (Mathison, 1983). En zonas de clima templado de Canadá, Estados Unidos, Europa y la U.R.S.S. se han cultivado variedades de Melilotus albus, M. officinalis y con menos frecuencia M. suaveolens y M. indica como plantas forrajeras. También se utilizan para recuperar suelos pobres y erosionados (como "abono verde"), y como recurso melífero en agricultura. El interés mostrado por estas especies se refleja en los numerosos estudios realizados (especialmente entre 1940 y 1960) dirigidos a mejorar la producción y la calidad de forraje y a reducir el contenido en cumarina.

Comparativamente, las especies mediterráneas de Melilotus han recibido poca atención, aunque diversos autores han resaltado su valor como plantas pascícolas en suelos con problemas de salinidad (Le Houerou, 1986; Maraón et al., 1991).

En un estudio de 23 especies pertenecientes al género Melilotus (Carrasco et al, 1991) que corresponden a 19

especies recogidas en la Med-Checklist (Greuter et al., 1989), 3 especies extramediterráneas y una endémica de Turquía europea y Anatolia, se pueden separar dos grupos de territorios. Por un lado se agrupan los países de clima templado o continental, pertenecientes a la región florística Boreal, que se caracterizan por presentar las especies de distribución más amplia (i.e., M. albus, M. altissimus, M. officinalis). En estos países existe además un pequeño grupo de especies características, en general de distribución amplia, pero que no llega a la Cuenca Mediterránea: M. hirsutus, M. suaveolens, M. polonicus, M. wolgicus y M. dentatus.

Por otra parte pueden reunirse en un segundo grupo todos los territorios que tienen, al menos en parte, clima de tipo Mediterráneo. Las especies de Melilotus que viven en ellos se pueden dividir en tres grupos: 1) de distribución muy amplia, ya mencionadas, 2) de distribución aproximadamente circunmediterránea (M. indica, M. elegans, M. italicus, M. messanensis, M. neapolitanus, M. segetalis y M. sulcatus), y 3) de distribución restringida a sólo alguna parte de la Cuenca Mediterránea y que podemos definir como endémicas en el sentido más restrictivo.

Dentro de este grupo de territorios "mediterráneos" se observa una tendencia marcada, cuyos extremos están ocupados por países geográficamente alejados a lo largo de la Cuenca. En un extremo aparecen los países del SW (Túnez, Argelia y Marruecos), mientras que en el extremo opuesto aparecen los



países del NE (Grecia, Albania, Yugoslavia), llegando incluso a la Cuenca del Mar Negro (Anatolia, Turquía europea, Crimea y Bulgaria). Estos territorios se incluyen en la región florística Mediterránea y representan la transición hacia el grupo de territorios de la región Boreal. Esta tendencia dentro del grupo de territorios "mediterráneos" viene determinada por la distribución de los endemismos más restringidos.

El modelo de distribución que presenta el género Melilotus es el conocido para otros muchos grupos centrados en la Cuenca Mediterránea, donde presentan su mayor diversificación. Sin embargo, un grupo de especies que se distribuyen por zonas de clima más continental y no están presentes en la región Mediterránea, podría constituir un grupo ancestral, o por el contrario tratarse de un grupo derivado del género. El resto de las especies presentan una distribución de amplitud variable, pero centrada en el Mediterráneo. Las especies de ámbito geográfico más restringido, endémicas, muestran una tendencia también ampliamente representada en otros grupos vegetales mediterráneos, incluso no relacionados filogenéticamente (Quezel, 1985). Un grupo de especies son endémicas del W-SW de la Cuenca y otro del NE de la misma, más una del SE (Egipto). El relativo mayor peso del conjunto del Este y su mayor proximidad geográfica a las especies extramediterráneas hace pensar que este es el principal centro de diversificación del género.

Un análisis de cluster de 22 especies de Melilotus separa en dos primeras divisiones a M. grecus y M. creticus, debido a que sus frutos son mucho más largos, y por tanto voluminosos, respecto al resto de las especies. Ambas son endémicas del Mediterráneo oriental.

Las divisiones siguientes van separando a un grupo formado por M. albus, M. altissimus, M. polonicus, M. dentatus, M. elegans y M. officinalis que se distinguen por su envergadura (altura media superior a los 80 cm.), niveles altos de medicarpina (610-840 ug/g) y forma de vida bianual (con la excepción de M. elegans, anual). Este grupo de 5 especies (exceptuando M. elegans) presentan distribución amplia, en zonas de clima templado y según Schulz (1901) estarían en el subgénero Eumelilotus.

Una división posterior del análisis separa un grupo de 5 especies, M. infestus, M. neapolitanus, M. messanensis, M. macrocarpus y M. speciosus, anuales, de pequeño tamaño (altura media menor de 50 cm.), con distribución típicamente mediterránea y que según Shultz (1901) estarían en el subgénero Micromelilotus.

El grupo restante, de 9 especies, es más heterogéneo. Por una parte están 4 especies bianuales, pero de tamaño mediano (50-80 cm. de altura media) y con valores bajos de medicarpina (400-530 ug/g). Tres de ellas (M. hirsutus, M. suaveolens y M. wolgicus) son extramediterráneas y la cuarta (M. tauricus) es endémica de Anatolia y Crimea. Por otra parte, se encuentran 5 especies (M. segetalis, M. sulcatus,

M. italicus, M. indica y M. bicolor) anuales, pequeñas (altura media menor de 40 cm.), también con bajo contenido en medicarpina (500-560 ug/g), pero con distribución típicamente mediterránea.

Por último señalar que además de la diversidad específica hay que resaltar el interés de la diversidad de ecotipos, especialmente aquellos adaptados a condiciones adversas, por ejemplo la salinidad (Marañón et al., 1991). Las causas que pueden reducir esta riqueza genética son el sobrepastoreo, la introducción de especies exóticas y la destrucción de sus hábitats en zonas de pastos (por roturación, puesta en riego, construcción de embalses, urbanización) (Mathison, 1983). La conservación de la diversidad genética de estos recursos pascícolas debe contemplarse desde una perspectiva global para la Región Mediterránea.

## 1.8. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Hemos visto que el hecho de que no siempre los problemas de los suelos salinos puedan ser resueltos provocando el lavado de sales o con enmiendas químicas, ya sea por problemas económicos o por otros de distinta índole, hace necesario recurrir al cultivo de especies tolerantes a diversos grados de salinidad. Con este fin, en el presente trabajo se han elegido dos especies de leguminosas silvestres (Melilotus indica y Melilotus segetalis) que por tener entre sus habitats la Marisma del Guadalquivir (típicamente salino), deben haber sufrido una selección natural que las haya conducido a una cierta tolerancia salina. También se ha escogido una leguminosa cultivada como es la alfalfa (Medicago sativa) en su variedad Aragón, para que nos sirva de referencia. Las tres especies, al ser de la familia de las leguminosas presentan la ventaja desde el punto de vista forrajero, de ser ricas en materia nitrogenada, dada su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico. Si los resultados fuesen satisfactorios, se podría llevar a cabo una selección y mejora genética de ambas especies de melilotus, con vistas a un posible aprovechamiento forrajero.

Se llevarán a cabo pruebas en invernadero de resistencia a distintos grados de salinidad, tanto en cultivos puros como en cultivos mixtos, evaluándose en estos últimos la capacidad de competencia. Se analizarán la producción de biomasa y la

composición química en las condiciones anteriores (M. sativa  
y M. segetalis).

## II. MATERIALES

Para la realización de este trabajo, se han utilizado las instalaciones y medios tanto del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, dependiente del CSIC, en Sevilla, como de la finca "Aljarafe", situada en el término municipal de Coria del Río y propiedad del citado instituto.

### II.1. MATERIAL VEGETAL

Las tres especies objeto de este trabajo pertenecen a la familia de las leguminosas (fabaceae o papilionaceae). A continuación se señalan sus principales características botánicas según Valdés et al. (1987).

#### II.1.1. Medicago sativa L.

Perennes, laxamente pubescentes. Tallos de hasta 100 cm, ascendentes. Foliolos de 10-30 x 2-10 mm, de elípticos a oblanceolados, dentados cerca del ápice, apiculados; estipulas enteras. Racimos de 2-6 cm, con numerosas flores, largamente desnudos en la parte inferior. Flores de 7-9 mm. Cáliz de boca oblicua pubescente. Corola con las alas y la quilla aproximadamente de la misma longitud, azul purpúrea. Legumbre de 4-6 mm de diámetro, anular o helicoidal, con dos vueltas de espira que dejan un claro orificio axial, con nerviación poco destacada, sin espinas, pubescente, lisas. Semillas elípticas, escotadas en el hilo, lisas.  $2n=32$ .

Florece y fructifica de abril a agosto. Ampliamente cultivada como especie forrajera y naturalizada. Aparece en toda Andalucía Occidental. Distribución general: Europa, noroeste de Africa y oeste de Asia.

#### II.1.2. Melilotus indica L.

Tallos de 10-40 cm, erectos o ascendentes, subglabros. Foliolos de 8-20 x 2-15 mm, oblanceolados, ligeramente pubescentes; estípulas triangular-agudas, enteras. Racimos cortos en la floración, alargándose hasta 3-4 veces en la fructificación. Cáliz de 1-1.5 mm, con dientes más cortos que el tubo, glabro. Corola de 2-2.5 mm, con piezas subiguales, amarilla. Legumbre de 2-3 mm, anular, apiculada, con venación reticulado-intrincada, blanco verdosa.  $2n=16$ . Florece y fructifica de marzo a junio. Ruderal o arvense, sobre suelos básicos. Muy frecuente. Toda Andalucía Occidental. Distribución general: cosmopolita.

#### II.1.3. Melilotus segetalis (Brot.)

Tallos de 15-65 cm, simples o ramificados desde la base, glabros. Foliolos de 10-30 mm, obtriangulares, claramente serrados; estípulas de c. 15 mm, las de las hojas inferiores dentadas, las de las superiores fimbriadas. Racimos de 2.5-3.3 cm, alargándose ligeramente en la fructificación, con hasta 40 flores. Pedicelos de 2-2.5 mm. Cáliz de c. de 2 mm, glabro. Corola de 5-7 mm, con estandarte un poco más corto que la quilla, amarilla. Legumbre de 3-4 mm, glabra, con

venas concéntricas marcadas, globosa, pardo-verdosa.  $2n=16$ . Florece y fructifica de marzo a junio. Suelos arcillosos encharcados. Frecuente. Aparece en toda Andalucía Occidental excepto en el norte. Distribución general: región mediterránea.

Las semillas de alfalfa, pertenecientes a la variedad Aragón, fueron proporcionadas por la casa Battle. Las del género Melilotus fueron recogidas en las Marismas de Guadalquivir, más concretamente en el término de Aznalcázar, un medio típicamente salino.

## II.2. INVERNADEROS

Las experiencias con las especies ya citadas, de competencia y de tolerancia a distintos grados de salinidad se han llevado a cabo en uno de los cuatro invernaderos existentes en la finca "Aljarafe".

Los invernaderos poseen estructura metálica y cobertura de cristal catedral, son de tipo sierra. Ocupan en conjunto 520 metros cuadrados. El suelo es de cemento y poseen ventilación lateral y cenital. La orientación es de Oeste a Este. Uno de los invernaderos tiene instalados unos contenedores de fibrocemento, en algunos de los cuales se han llevado a cabo nuestras experiencias. Estos contenedores tienen unas medidas de 55 cm de anchura, 80 cm de longitud y



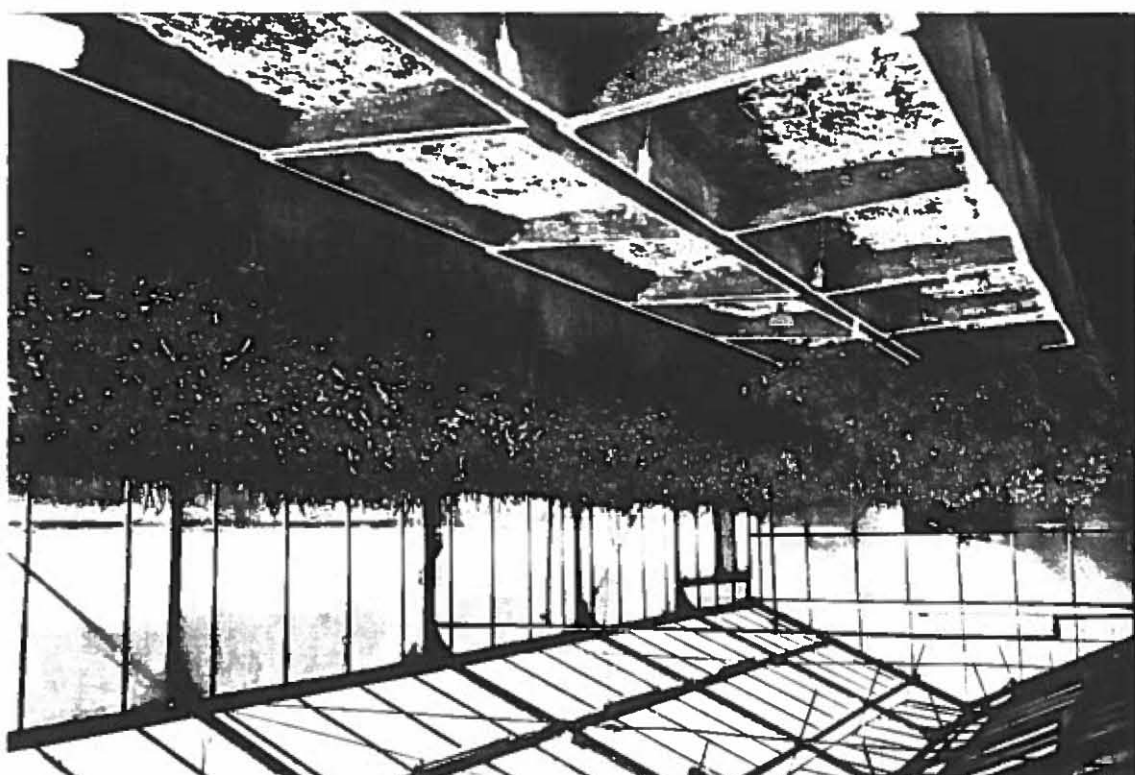


FOTO 1. Vista del invernadero.

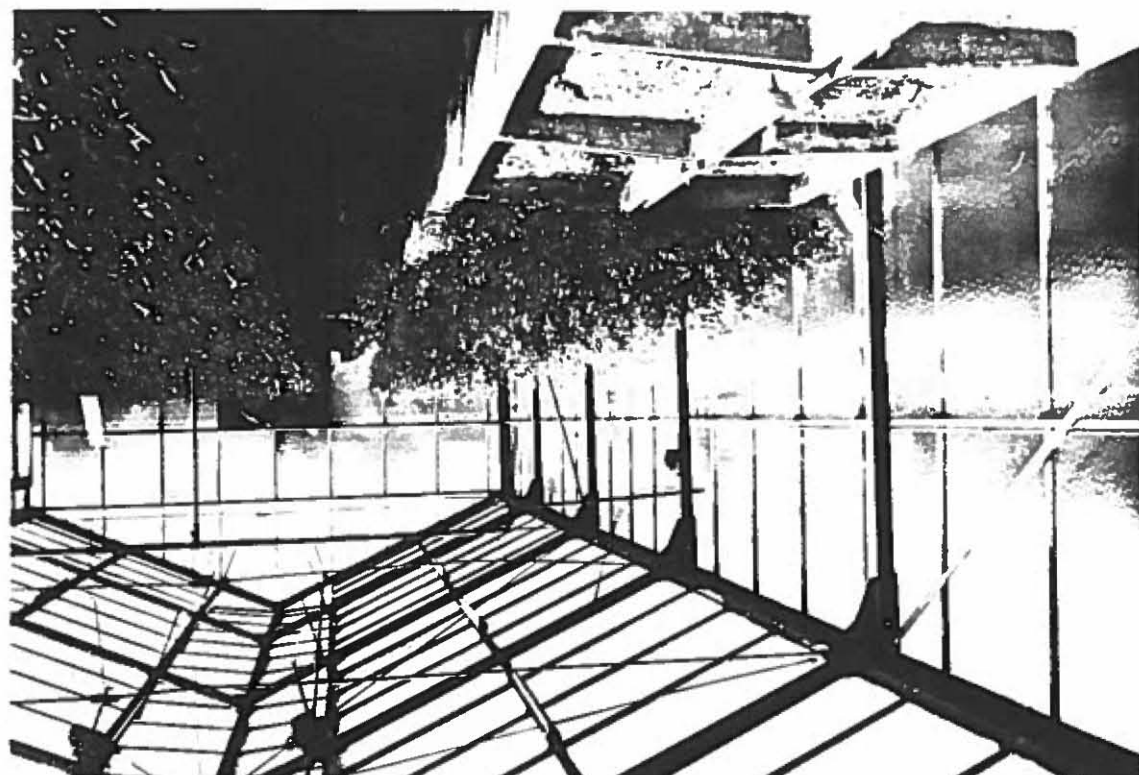


FOTO 2. Vista del invernadero. A la izquierda contenedores con *Nelumbo*

45 cm de altura, hayándose colocados sobre unas plataformas de ladrillo, lo que hace que su altura sobre el nivel del suelo alcance los 77 cm.

### II.3. DESCRIPCION DE LA FINCA

La finca "Aljarafe" propiedad del CSIC está situada en el término municipal de Coria del Río (Sevilla), concretamente en la margen derecha del valle inferior del Guadalquivir. Tiene una extensión de 31 Has. y su superficie está en su mayor parte ocupada por olivar de regadío. Está situada en una zona ligeramente ondulada, perteneciente al Mioceno del Aljarafe, presentando una pendiente comprendida entre el 3 y el 6%. El material original está constituido por areniscas calizas, el suelo se clasifica como Xerocept.

### II.4. DATOS CLIMATICOS

A continuación se exponen algunos datos climáticos tomados en la estación meteorológica de la finca "Aljarafe" durante el tiempo en tuvieron lugar las pruebas en invernadero, este período se extendió entre los meses de Enero y Mayo de 1991.

TABLA 2. Datos climáticos de la estación meteorológica de la finca  
'Aljarafe'

	Horas sol	Media horas sol	Precip. mm	Temperaturas °C			
				Media max.	Media min.	Media oscil.	Media
ENERO	217.0	7.0	16.5	15.9	5.9	10.0	10.9
FEBRERO	168.3	6.0	97.0	14.8	6.3	8.5	10.5
MARZO	216.7	6.9	93.5	19.5	9.8	9.7	14.6
ABRIL	266.3	8.8	42.0	22.2	9.2	13.0	15.7
MAYO	364.6	11.7	0.0	27.3	12.2	15.1	19.8

## II.5. SUSTRATO

El sustrato utilizado en los contenedores fue arena extraída de la misma finca.

Por haber sido utilizados los contenedores en experiencias del año anterior con Melilotus segetalis y Medicago sativa, en las que se añadieron al agua de riego diversas cantidades de ClNa y a pesar de que se procuraron lavar las sales mediante abundantes riegos, se tomaron muestras de los contenedores para medir su conductividad eléctrica, ya que contenían una cierta salinidad, dependiendo de los tratamientos a que fueron sometidos. La toma de muestras se realizó a tres niveles distintos: de 0 a 10, de 10 a 20 y de 20 a 30 centímetros de profundidad. Para ello se utilizó una barrena tomándose cuatro muestras de cada nivel en cada contenedor. Los resultados de los análisis practicados se exponen en la TABLA 3.

Tabla 3. Conductividad de los suelos en los contenedores. En dS/m.

Profundidad (cm)	TRATAMIENTOS		
	CONTROL	I	II
10	2.11	5.13	6.72
	1.90	5.30	16.14
	1.75	11.31	8.15
	1.60	7.94	6.08
	Media	7.42	9.27
	Desviacion	2.89	4.66
20	1.54	6.59	10.63
	1.75	6.20	15.39
	2.33	11.33	14.28
	1.30	8.46	11.39
	Media	8.15	12.92
	Desviacion	2.34	2.28
30	2.13	8.00	11.16
	2.14	7.48	13.40
	2.74	16.68	13.00
	1.66	8.12	14.38
	Media	10.07	12.99
	Desviacion	4.42	1.35

## II.6. AGUA DE RIEGO

Los riegos se aplicaron siempre de manera regular, manteniendo el suelo a capacidad de campo. En la tabla 4 se muestran los valores extremos y medios obtenidos del análisis periódico del agua de riego. Como puede verse, a pesar de que el contenido en algunos metales pesados es muy bajo (trazas de Fe, Mn, y Cu), en caso del Zn la concentración detectada en las aguas de riego es algo más elevada. Sin embargo, no se trata de valores que puedan influir significativamente en el desarrollo y contenido del elemento en las plantas. Por otra parte, según los valores de razón de adsorción de sodio (RAS) y conductividad eléctrica (C.E.) , este agua puede clasificarse como C3-C1 según la clasificación del Departamento de Salinidad de los EE.UU. (Richards, 1954), lo cual podría representar cierto riesgo de salinización en terrenos de permeabilidad media baja. En nuestro caso la permeabilidad del sustrato es adecuada. Por otra parte, el contenido en ClNa es comparativamente elevado en estas aguas, lo que podría afectar a especies muy sensibles a las sales. De todas formas se trata de un agua cuyo nivel salino es relativamente frecuente en muchas de las empleadas para riego en nuestra región.

TABLA 4. Análisis del agua de riego.

Parámetro	Valores extremos	Valores medios
pH	8.0-7.1	7.5
C.E.	1850-1160	1702
R.A.S. (*)	5.25-2.32	4.06
$\text{HCO}_3^-$ (meq.l <sup>-1</sup> )	7.61-6.16	6.81
$\text{Cl}^-$ (meq.l <sup>-1</sup> )	9.78-7.60	8.87
$\text{Na}^+$ (meq.l <sup>-1</sup> )	8.08-6.60	7.40
Zn (ppm)	1.15-0.79	0.95
Fe (ppm)	Trazas	-
Mn (ppm)	Trazas	-
Cu (ppm)	Trazas	-

(\*) Razón de adsorción de sodio.

### III. METODOS

#### III.1. DISEÑOS EXPERIMENTALES

-Ensayos de competencia y producción de biomasa bajo diferentes condiciones salinas:

a) Entre Melilotus segetalis y Melilotus indica

b) Entre Melilotus indica y Medicago sativa

-Estudio de la composición mineral.

III.1.1. Ensayos de competencia y producción de biomasa bajo diferentes condiciones salinas.

Con este tipo de experiencia vamos a obtener unos resultados que presumiblemente nos permitirán preveer el comportamiento de las especies estudiadas cuando se encuentren en condiciones naturales y en posibles cultivos.

El experimento se llevó a cabo con las especies Melilotus indica y Melilotus segetalis en contenedores situados en invernaderos y cuyas características ya se han descrito. Las pruebas de competencia en invernadero tuvieron lugar desde el 6 de Febrero al 7 de Mayo de 1991.

#### Metodología

Las semillas habían sido recogidas el verano del 90 en las Marismas. Se guardaron los frutos en bolsas de papel para



mantenerlos secos y evitar la aparición de hongos. Posteriormente se traspasaron a recipientes de plástico para su conservación hasta los ensayos.

Como preparación para la siembra, las semillas fueron escarificadas para eliminar la cubierta impermeable que poseen. El escarificado consiste en frotar las semillas con papel de lija, desprendiendo de esta forma la cubierta y rayando un poco la superficie de la semilla.

El peso medio de las semillas es el siguiente:

-Melilotus segetalis 3.36 mg

-Melilotus indica 1.18 mg

Se plantarían en el invernadero 360 plantas de cada especie, cuya distribución se explicará más adelante, a las que hubo que añadir las que se perdieron y tuvieron que ser repuestas.

Se calcularon un número de semillas unas 5 veces superior a las 360 iniciales, es decir, alrededor de 2.000 semillas que correspondían aproximadamente a 2.400 mg de semillas de M. indica y 5.500 mg de M. segetalis.

Las semillas fueron puestas a germinar en bandejas de plástico de 27.5 x 43.5 cm llenas de vermiculita. Las bandejas fueron previamente esterilizadas con alcohol y la vermiculita en una autoclave AUTESTER-G durante media hora. Después de extender la vermiculita, añadimos 2 litros de solución nutritiva HOAGLAND nº 2 al 20%, cuya composición se detalla en la tabla 5 (Benton Jones 1982).

TABLA 5. Composición de la solución nutritiva HOAGLAND nº2  
(Benton Jones, 1982)

SOLUCION MADRE

Macronutrientes	Usar ml/l
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 1M	1.0
$\text{KNO}_3$ 1M	6.0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1M	4.0
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1M	2.0
Micronutrientes	g/l
$\text{H}_3\text{BO}_3$	2.86
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08
$\text{H}_2\text{MO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.02

Se usa 1 ml/l

Hierro: Quelato de hierro, 0.5%. Usar 1 ml/l.

Una vez añadida la solución nutritiva se esparcieron las semillas y se introdujeron las bandejas en una cámara de cultivo de unos 20 metros cuadrados, en la cual se mantuvo una temperatura de 25°C una humedad relativa del 75% y 16 horas de luz al día. Las semillas se sembraron e introdujeron en la cámara el 9-1-1991 y permanecieron en ella hasta el 6-2-1991, fecha en la que se realizó el transplante. Este se hizo a raíz desnuda cuando las plántulas tenían los cotiledones, la primera hoja simple y la primera trifoliada. El transplante se realizó con un marco de 5 x 5 cm, utilizando para ello una plantilla de siembra. En cada contenedor se plantaron 60 plantas (10 x 6 líneas). Las plántulas sobrantes que quedaron en las bandejas se volvieron a guardar en la cámara de cultivo y con ellas se repusieron aquellas plántulas que se perdieron al no arraigar bien tras el transplante. Cabe señalar en este punto que el número de bajas en los contenedores que habían sido sometidos a tratamientos salinos los años anteriores fue mucho mayor que en aquellos que fueron utilizados como controles.

Una semana después del transplante los contenedores se abonaron utilizando para ello un abono complejo 8-15-15. Se aplicaron 12.25 gr de abono por contenedor, lo que equivaldría a 278.41 kg/ha.

La experiencia se planteó de la siguiente forma: Se realizarían tres tratamientos salinos distintos, con cuatro réplicas para cada uno. En cada cuatro réplicas tendríamos dos cultivos puros, en los que la mitad del contenedor

estaría ocupado por una especie y el resto por la otra, y dos cultivos mixtos en los que estarían mezcladas las plantas de ambas especies mediante un diseño aleatorio.

Los tres tratamientos salinos fueron los siguientes:

-Control: No se añadían sales al agua de riego.

-Tratamiento I: Se disolvían 41.25 g de ClNa por cada 5 litros de agua, lo que equivaldría a 15 dS/m.

-Tratamiento II: Se disolvían 75.00 g de ClNa por cada 5 litros de agua, equivalente a 25 dS/m.

Hay que resaltar que algunos de los contenedores contenían ya una cierta salinidad de tratamientos salinos similares realizados con anterioridad, a pesar de que se les había añadido agua en abundancia con el fin de proceder al lavado de las sales. La conductividad eléctrica inicial de cada contenedor se recoge en el apartado dedicado al sustrato.

Se hicieron corresponder los distintos tratamientos con los contenedores equivalentes del año anterior.

Los contenedores se regaron dos veces por semana, para ello al principio se utilizó una manguera conectada a un grifo situado en el exterior del invernadero. Más tarde, cuando comenzaron los tratamientos salinos, se utilizó una regadera con los que se aplicaban 5 litros de agua por contenedor, disolviéndose en el agua las distintas cantidades de ClNa.

Cuando las plantas estaban comenzando la fructificación fueron arrancadas una a una, se les cortó la raíz, se lavaron en agua destilada y se envolvieron en papel de filtro (7 de Mayo de 1991), anotándose en dicho papel su situación exacta dentro del contenedor mediante un sistema de cuadrículas. Después, dentro de bolsas de papel "pergut", se introdujeron en una estufa WTB binder a 70°C durante un período mínimo de 24 horas, en las que se secaron por completo. A continuación se pesaron una a una en una balanza de precisión marca METTLER, modelo PJ-400, registrándose de esta forma los pesos de materia seca de cada planta. Por último se volvieron a envolver en los papeles de filtro y se almacenaron para unos posteriores análisis minerales que no entran dentro de este estudio.

Se incluyen dentro del presente trabajo los resultados de las experiencias de competencia realizadas el año anterior entre las especies *Melilotus indica* y *Medicago sativa*, las cuales se desarrollaron de forma análoga a las anteriormente descritas.

### III.1.2. Estudio de la composición mineral

Para conocer a fondo el efecto de la salinidad sobre las plantas, no basta con analizar la biomasa, deberemos conocer también cómo afecta a su composición química. Unos nutrientes verán dificultada su absorción al ser ésta entorpecida por

los iones procedentes de las sales, a su vez algunos de estos componentes aumentarán su concentración dentro de la planta, como es el caso del sodio. Por todo ello en este apartado se analizará la composición mineral de las especies Medicago sativa y Melilotus segetalis que fueron recogidas en la primavera de 1990 tras unos ensayos de competencia y producción de biomasa similares a los descritos anteriormente. En este caso en el lugar de Melilotus indica, se trabajó con Medicago sativa.

Se analizarán los contenidos en hierro, manganeso, zinc, cobre, calcio, magnesio, fósforo, sodio, potasio y nitrógeno. Cada muestra analizada había sido preparada a partir de tres plantas que fueron molidas juntas y que se eligieron evitando siempre que fue posible las plantas de los bordes de los cultivos.

### III.2. METODOS ANALITICOS

#### III.2.1. SUELOS

Como se expuso anteriormente, se le halló la conductividad eléctrica a las muestras de suelo de los contenedores para conocer la salinidad de la que partíamos en los mismos, dato éste que ayudó en el diseño de los nuevos tratamientos salinos

##### III.2.1.1. Conductividad eléctrica

Se utilizó un extracto suelo-agua 1:25. Para ello partimos de muestras de suelo secado al aire y tamizado a través de malla de 2 mm de paso de luz.

Se pesaron 5 gramos de cada muestra, a las que se le añadieron 25 ml de agua desionizada. La suspensión se agitó durante 15 minutos. A continuación introducimos las suspensiones en centrifugador a 10.000 rpm durante 12 minutos. Los extractos acuosos fueron vertidos en vasos, en los cuales se midió la conductividad con un conductivímetro Crison 522.

Habría que señalar que en un principio, las suspensiones después de agitadas fueron filtradas, pero se observó que algunas muestras habían floculado, por lo que el filtrado aparecía con cieta turbidez, por ello se desechó este método, optándose por el anteriormente expuesto.

### III.2.2. MATERIAL VEGETAL

#### III.2.2.1. Toma y preparación de las muestras

Las plantas fueron recogidas en la primavera de 1990, se les separó la parte aérea y la raíz, se lavaron en agua destilada, envolviéndose a continuación en papel de filtro donde quedó anotada su situación en el contenedor y el tratamiento de éste. Por último se guardaron en bolsas de papel "pergut".

Para ser analizadas se hicieron muestras a partir de tres plantas con un mismo tratamiento y de la misma especie y que se eligieron evitando en lo posible las plantas de los bordes de los cultivos. Esas tres plantas eran molidas juntas, procurando siempre que no se perdiera material vegetal antes de ser molidas. Por último las plantas una vez molidas se envolvieron en papel de aluminio, donde se anotó el tratamiento, la especie y la situación de las tres plantas.

#### III.2.2.2. Nitrógeno

Para la determinación del N ha sido aplicado el método Kjeldahl. Esta metodología no incluye el análisis de determinadas formas de N, como el  $\text{NO}_3$  y  $\text{NO}_2$ , por lo que no puede hablarse de N total. El N obtenido es fundamentalmente N-protéico, además de las fracciones de N ureico y N amoniacal, que puede llevar la planta, por lo que en realidad se debe hablar de determinación de N orgánico total.



El método se basa en la digestión del material vegetal con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y catalizador de selenio, que transforma el N orgánico en N amoniacal, determinándose esta fracción calorimetricamente en un autoanalizador, según la reacción de Berthelot en la que se forma un complejo de azul indofenol cuando el  $\text{NH}_4$  reacciona con el fenato sódico tras la adición de NaCl, expresándose los resultados en tanto por ciento sobre materia seca.

Técnica: Pesamos alrededor de 0.2 gr de muestra, anotándose en cada caso la cantidad exacta, seguidamente se pesaron entre 0.5 y 0.6 gr de catalizador (5 gr de Se y 95 de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Añadimos 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y calentamos hasta que la solución aparezca transparente, enfriamos y agregamos unos 15 ml de agua destilada y esperamos otra vez a que se enfríe. Todas las operaciones anteriores se realizan en matraces Kjeldahl. A continuación filtramos y llevamos a volumen de 25 ml. Las concentraciones se determinan colorimetricamente en un autoanalizador TECHNICON-SAMPLER.

#### III.2.2.3. Método de rutina para la mineralización de la muestra

La mineralización de la muestra tiene por objeto eliminar cualquier resto de materia orgánica que pudiera interferir en el análisis de los elementos minerales.

Técnica: La muestra una vez molida se secó completamente permaneciendo durante un período mínimo de 2 horas en estufa

a 700°C. Se pesaron 0.5 gr de muestra en cápsula de porcelana quemándose posteriormente en vitrina hasta su completa incineración. El proceso se completa con la calcinación en horno eléctrico a una temperatura de 500°C hasta la obtención de cenizas blancas o grises, proceso que requiere usualmente un período aproximado de 2-3 horas. Posteriormente, las cenizas son humedecidas con agua bidestilada añadiéndose a continuación 2 ml de HCl concentrado, evitándose siempre que se produzca efervescencia. En estas condiciones la muestra es calentada en baño de arena hasta un minuto después, aproximadamente, de que la muestra comience a desprender humos blancos. Finalmente se filtra con papel de filtro Whatman nº 40 y se lleva a volumen de 50 ml con agua bidestilada.

#### III.2.2.4. Fósforo

El método se basa en la formación del complejo amarillo de fosfomolibdovanadato originado por el ácido fosfórico en solución ácida y en presencia de iones  $\text{Mo}^{5+}$  y  $\text{Mo}^{6+}$ . Dicho complejo se obtiene para su determinación colorimétrica. Se mide su absorbancia espectrofotométricamente a 430 nm. Los resultados se expresan en porcentaje de materia seca.

Técnica: De la disolución que teníamos preparada después de filtrar, se toma una alícuota de 10-15 ml, dependiendo del tipo de muestra, a continuación se añaden 10 ml de reactivo vanadato-molibdato y se lleva a volumen de 50 ml con agua desionizada.

Simultáneamente prepararemos una curva patrón con las mismas condiciones que los extractos, a partir de una solución madre de fosfato monopotásico.

Para el desarrollo total del color es necesario un tiempo mínimo de media hora, transcurrido el cual, se efectuará la determinación colorimétrica del fósforo en un espectrofotómetro visible PYE UNICAM SP6-350, frente a la curva patrón previamente preparada.

#### III.2.2.5. Sodio y potasio

La determinación de éstos elementos se efectúa mediante fotometría de llama. La emisión espectral del potasio se mide a 760nm y la del sodio a 590 nm, utilizándose para ello un fotómetro de llama EEL. Las lecturas se enfrentan con unas curvas patrones de sodio y potasio previamente preparadas a partir de una solución madre. En ambos casos el resultado se expresa en porcentaje sobre materia seca.

Técnica: De la solución madre (de las cenizas) se toma una alícuota de 5 ml que se lleva a volumen de 25 ml con agua destilada. Las diluciones se leerán en el fotómetro de llama.

#### III.2.2.6. Calcio y magnesio

La determinación de éstos elementos se efectúa por espectrofotometría de absorción atómica, a 422.67 nm en el caso del calcio y a 285.2 nm en el del magnesio.

Técnica: Se toma de la solución problema una alícuota de 1 ml y la llevamos a volumen de 50 ml. De ésta última

solución tomamos 9 ml, a los que se añade 1 ml de una solución de lantano al 3% en medio clorhídrico para evitar las interferencias del Si, P, Al y Fe. Obtendremos las concentraciones mediante lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN-ELMER 703, frente a la correspondiente curva patrón. Los resultados se expresan en porcentaje sobre materia seca.

#### III.2.2.7. Hierro, manganeso, zinc y cobre

La determinación de todos éstos elementos se realiza por espectrofotometría de absorción atómica en el espectrofotómetro PERKIN-ELMER 703. La lectura se hace a 248.3, 279.5, 213.8 y 324.75 nm para el hierro, manganeso, zinc y cobre respectivamente.

Las lecturas en el espectrofotómetro se hacen directamente de la solución madre (disolución de las cenizas), frente a las curvas patrones correspondientes.

Los contenidos se expresan en partes por millón de materia seca.

FOTO 3. Centrífuga.

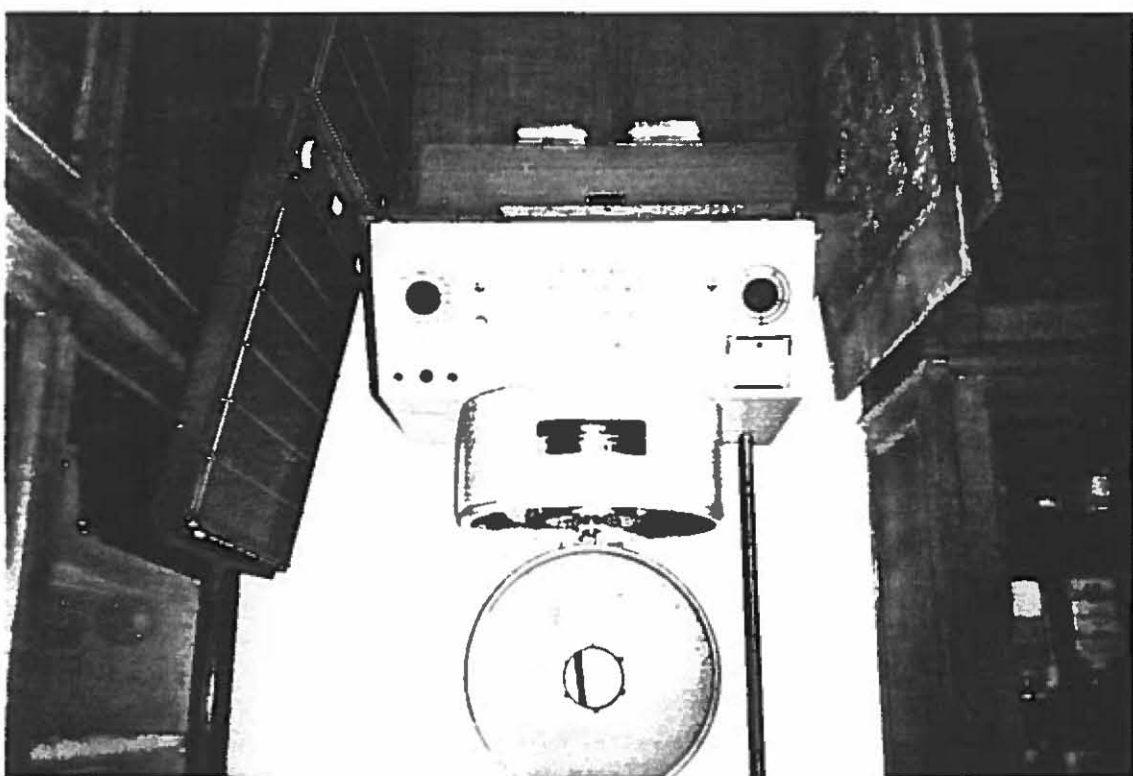


FOTO 4. Conduktivímetro Críson S22.

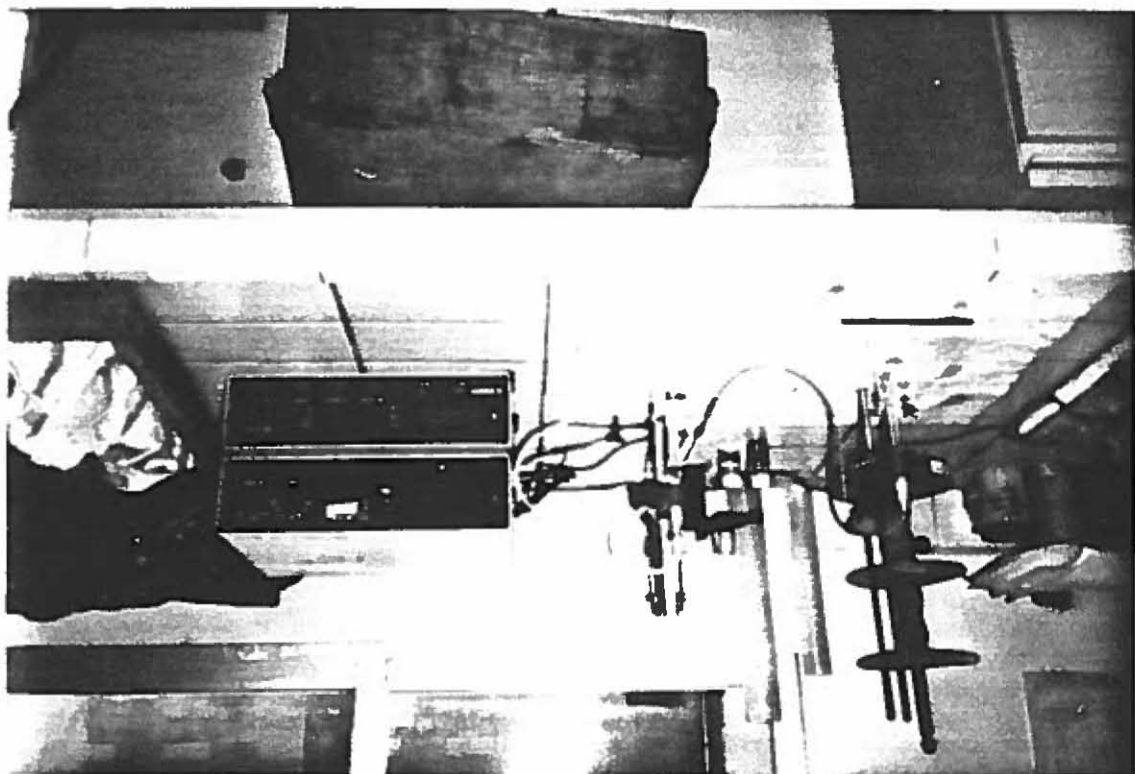


FOTO 6. Autoanalisador TECNICON-SAMPLER.

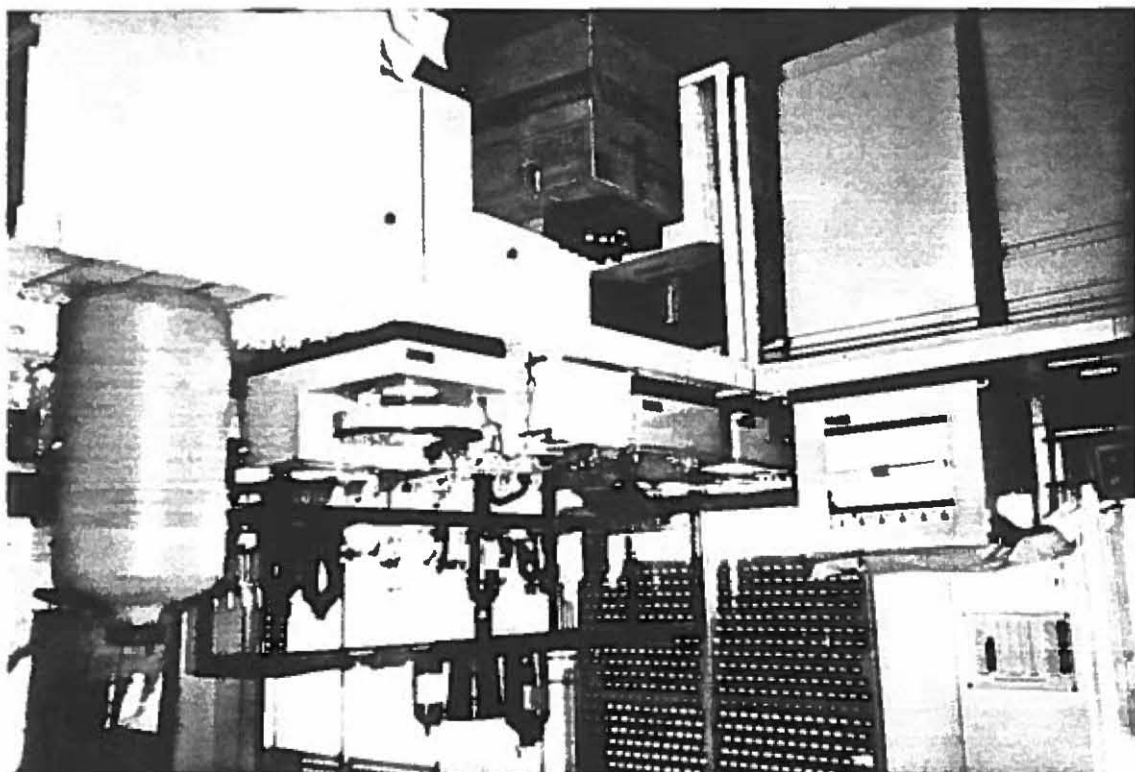
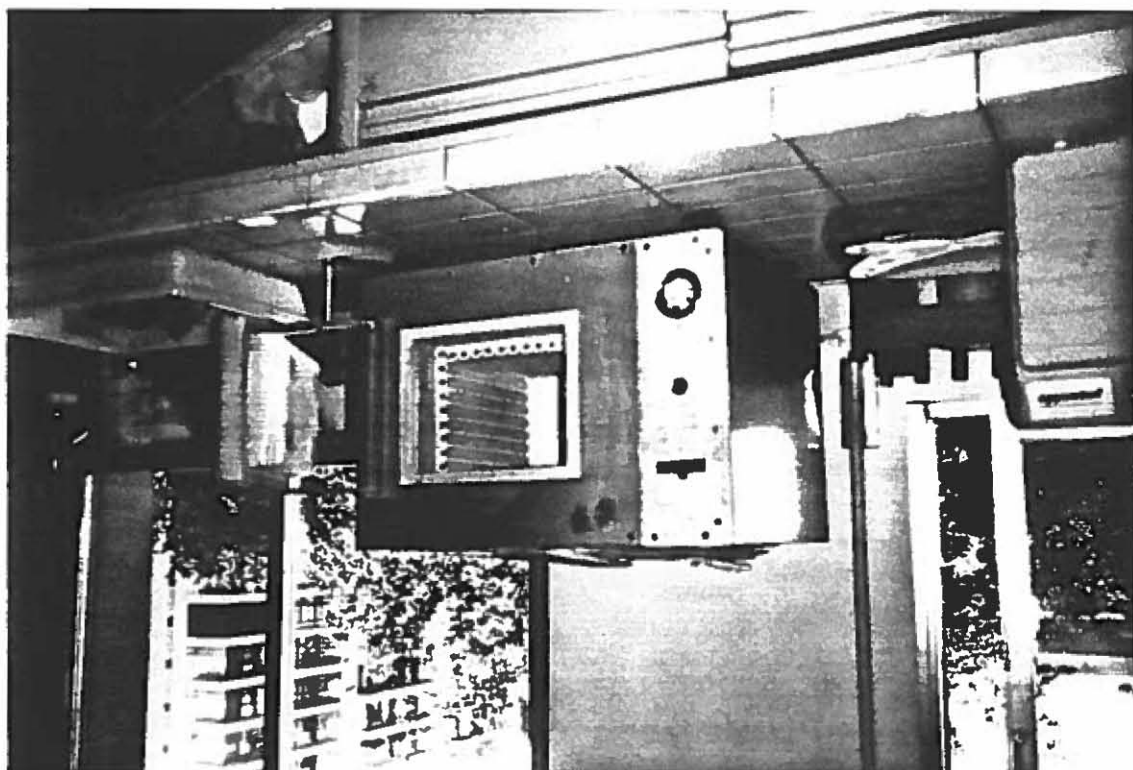


FOTO 5. Horno eléctrico.



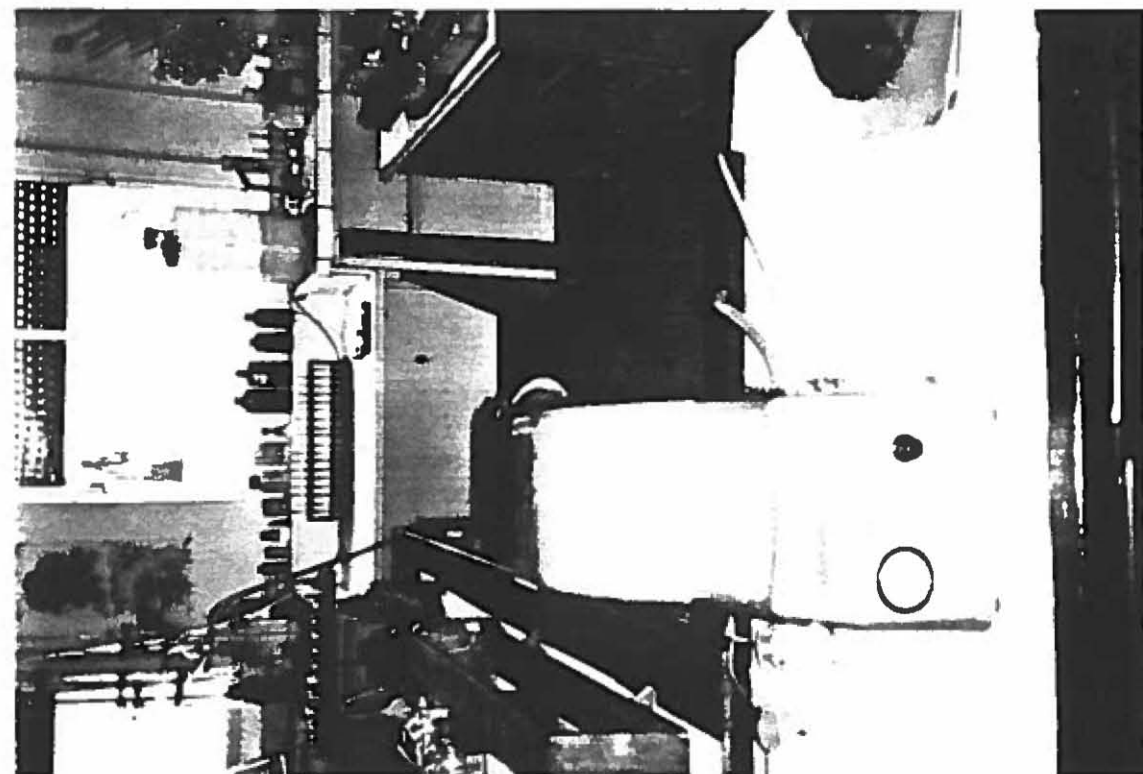


FOTO 7. Fotómetro de llama EEL

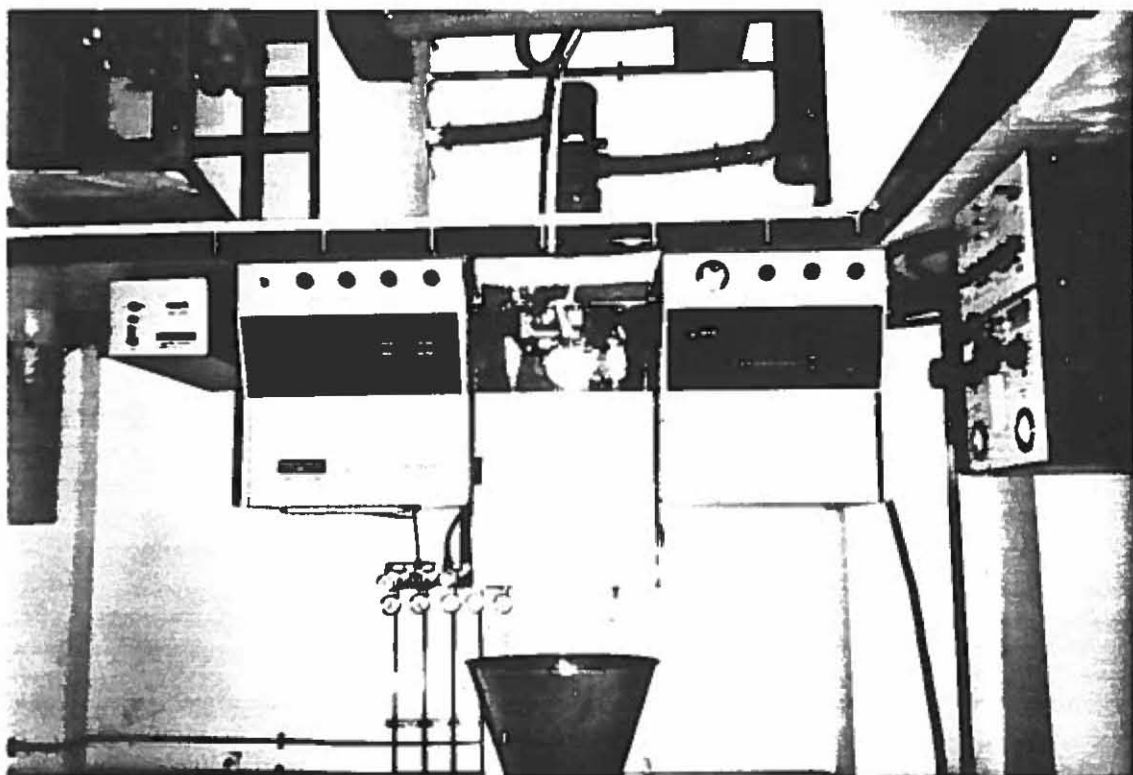


FOTO 8. Espectrofotómetro PERKIN -ELMER 703.



#### IV. RESULTADOS

##### IV.1. COMPETENCIA Y NUTRICION. CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES

###### IV.1.1. Macronutrientes

###### Nitrógeno

Este elemento es especialmente abundante en las leguminosas, debido a la asociación de éstas con bacterias del género Rhizobium, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Forma parte esencial de las proteínas al ser un constituyente de los aminoácidos. También forma parte de nucleótidos y coenzimas. Es un elemento fundamental para el crecimiento de los vegetales.

Los valores de nitrógeno se mantienen a un mismo nivel en Medicago. En Melilotus se observan concentraciones menores en el control que en los dos tratamientos salinos. Las concentraciones de ambas especies son similares, salvo como se ha indicado, en el caso del control. Sin diferencias significativas entre cultivos puros y cultivos mixtos.

###### Sodio

Es el elemento más interesante de éste estudio, ya que es el principal factor de salinización, al haberse utilizado para tal fin cloruro sódico. Contribuye a mantener el balance iónico de las células. El sodio presenta con el potasio una



relación de antagonismo, al aumentar la absorción de un elemento normalmente disminuirá la del otro.

Al analizar la figura y los datos obtenidos en los análisis, observamos un claro incremento en los niveles de sodio al aumentar la salinidad, especialmente del control al tratamiento I, éste aumento es mayor en Medicago que teniendo presentando valores menores que Melilotus en el control, alcanza cifras notablemente superiores en el tratamiento II, siendo también mayores en el tratamiento I. En el caso de Medicago los valores de sodio en el tratamiento II respecto al control son unas diez veces superiores, mientras que en Melilotus sólo son del orden de cuatro veces mayores. En cuanto al tipo de cultivo, sólo en el caso de Melilotus se puede observar que los valores en cultivos puros son ligeramente superiores a los de cultivos mixtos.

#### Potasio

El potasio es un elemento muy móvil, está presente en tejidos vegetales como catión libre e intercambiable. Es activador de numerosas enzimas e interviene en los procesos de transporte a través de membranas, en el mantenimiento del potencial osmótico y en la neutralización de los aniones. Los valores de potasio en leguminosas oscilan entre 0.30 y 5.7 % (Ohlrogge, 1960).

Mientras los valores de potasio en Medicago experimentan un ligero descenso al aumentar la salinidad, en el caso de Melilotus las concentraciones de potasio en las plantas

muestran una tendencia a subir a la vez que lo hace la salinidad. Así en el control los contenidos en potasio en Medicago son del orden del doble que en Melilotus, sin embargo en el tratamiento II las concentraciones en Melilotus resultan mayores. No parece existir relación entre el tipo de cultivo y las concentraciones obtenidas.

#### Fósforo

El fósforo es un elemento abundante en las leguminosas, sobre todo en las semillas. Juega un papel importante en la captación y transferencia de la energía, así como en la recuperación de los procesos bioquímicos y biofísicos.

Las concentraciones de fósforo en Medicago resultan ser superiores a las de Melilotus, sobre todo en el control. Los contenidos de fósforo en Medicago parecen mantener valores similares en los tres tratamientos, mientras que los de Melilotus experimentan un ligero ascenso a medida que aumenta la salinidad. Las concentraciones en Melilotus en los cultivos mixtos resultan ligeramente mayores que en los puros.

#### Calcio

El calcio es un elemento poco móvil. Las leguminosas son ricas en él. Interviene en el mantenimiento de la organización celular y también influye en la permeabilidad de las membranas.

TABLA 6. MACROELEMENTOS PARTE AEREA.

TRATAMIENTO ESPECIE Y CULTIVO	N %	Na %	K %	P %	Ca %	Mg %
0-M-CP	2.05	0.84	1.15	0.08	2.66	0.34
(1)	0.11	0.14	0.18	0.01	0.14	0.03
0-M-CM	2.18	0.68	1.07	0.09	2.49	0.31
	0.05	0.05	0.13	0.01	0.14	0.01
0-A-CP	3.16	0.36	2.36	0.17	3.15	0.43
	0.38	0.04	0.79	0.04	0.59	0.04
0-A-CM	2.77	0.47	1.8	0.17	3.28	0.39
	0.79	0.28	0.48	0.06	0.75	0.14
I-M-CP	3.21	2.08	1.37	0.11	2.5	0.37
	0.14	0.26	0.09	0.01	0.11	0.03
I-M-CM	3.27	1.56	1.56	0.1	2.36	0.31
	0.1	0.14	0.33	0.01	0.12	0.04
I-A-CP	3.09	2.48	1.59	0.13	2.27	0.24
	0.16	0.3	0.54	0.02	0.32	0.02
I-A-CM	3.1	2.59	1.72	0.15	2.38	0.28
	0.07	0.54	0.09	0.03	0.31	0.04
II-M-CP	3.18	2.9	1.68	0.12	2.58	0.43
	0.08	0.25	0.25	0.01	0.17	0.02
II-M-CM	3.23	2.69	1.95	0.11	3.01	0.44
	0.06	0.09	0.21	0.01	0.18	0.03
II-A-CP	2.75	4.03	1.17	0.12	2.57	0.28
	0.44	1.16	0.47	0.01	0.78	0.03
II-A-CM	2.8	3.59	1.45	0.14	2.48	0.29
	0.31	0.42	0.38	0.01	0.19	0.06

(1) El segundo valor es la desviación estándar.

FIGURAS 1, 2, 3, 4, 5 y 6 : Variación del contenido de macronutrientes en plantas en función de la salinidad, de la especie y del tipo de cultivo.

Rayado claro: Melilotus indica

Rayado oscuro: Melilotus segetalis

Rayado a la derecha (///): Cultivo puro

Rayado a la izquierda: Cultivo mixto

FIG. 1

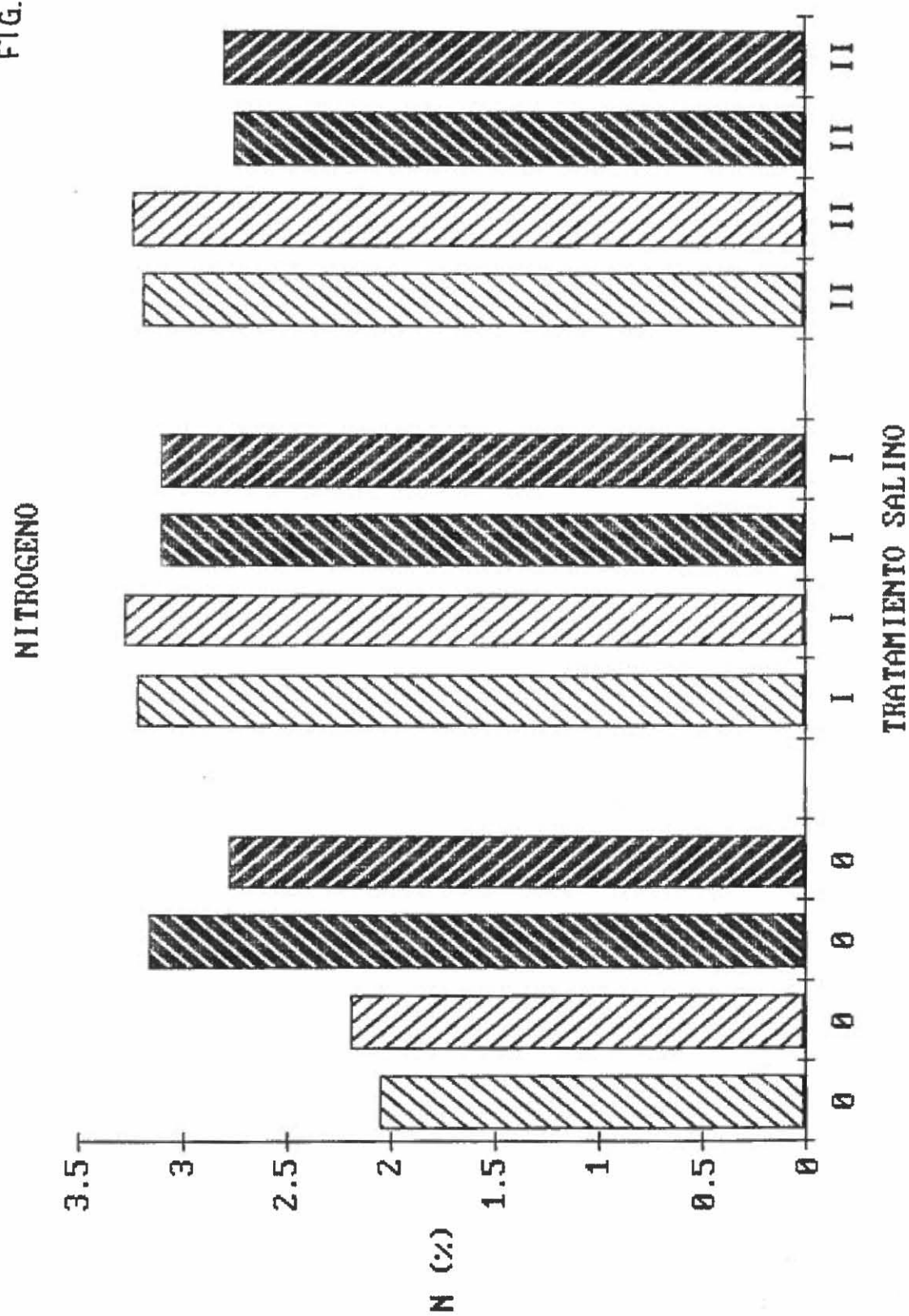


FIG. 2

SODIO

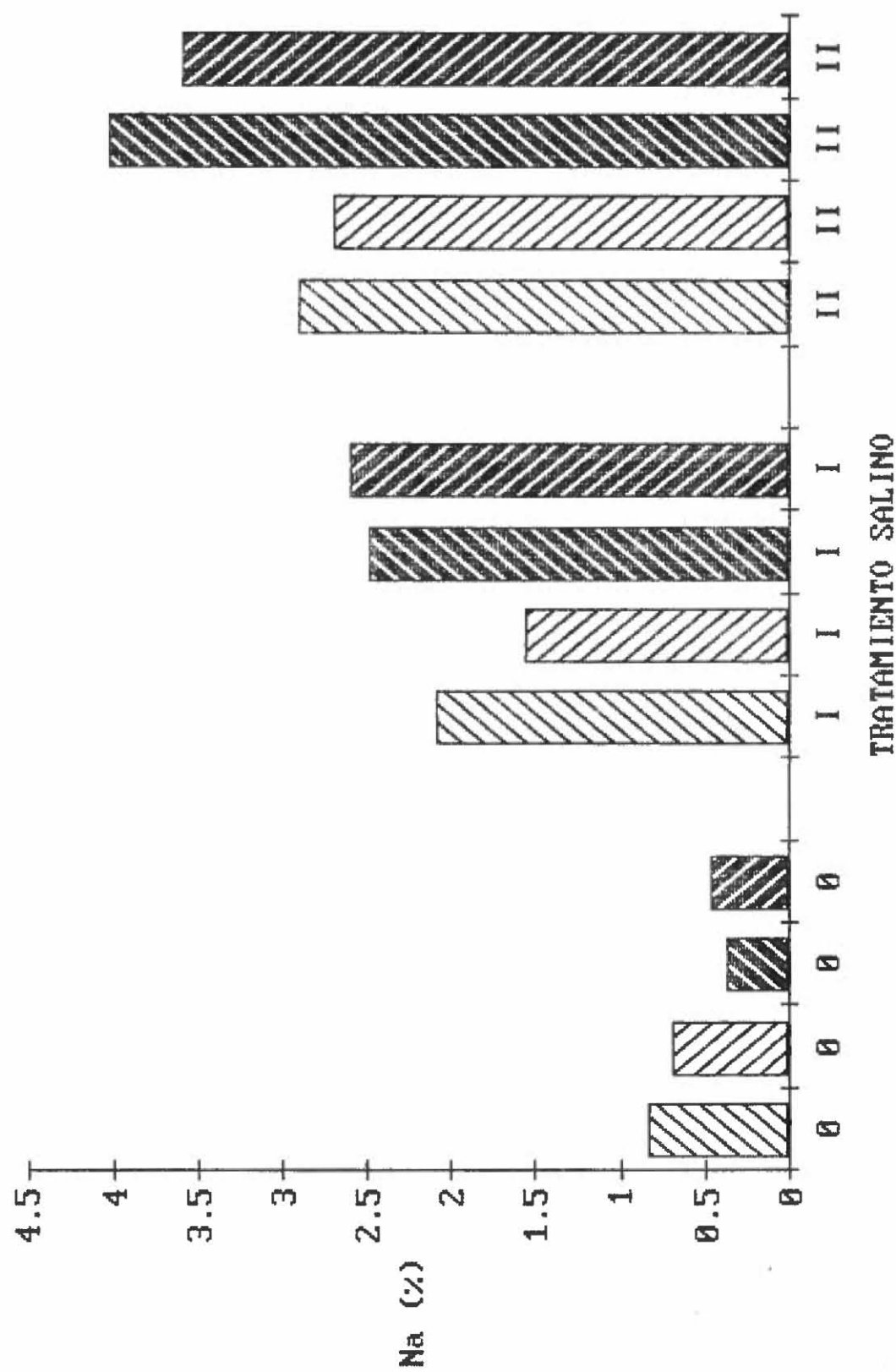


FIG. 3

POTASIO

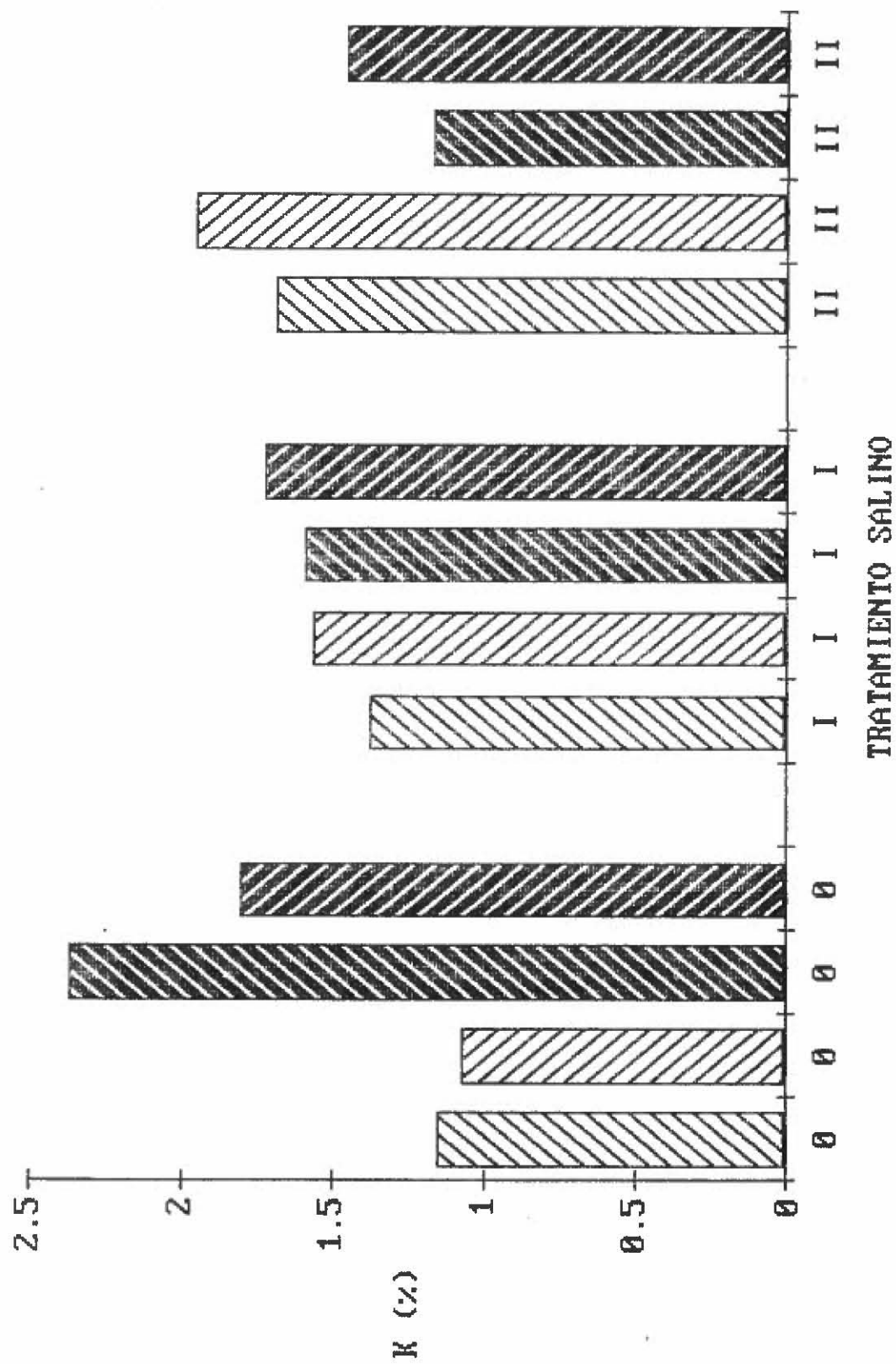


FIG. 4

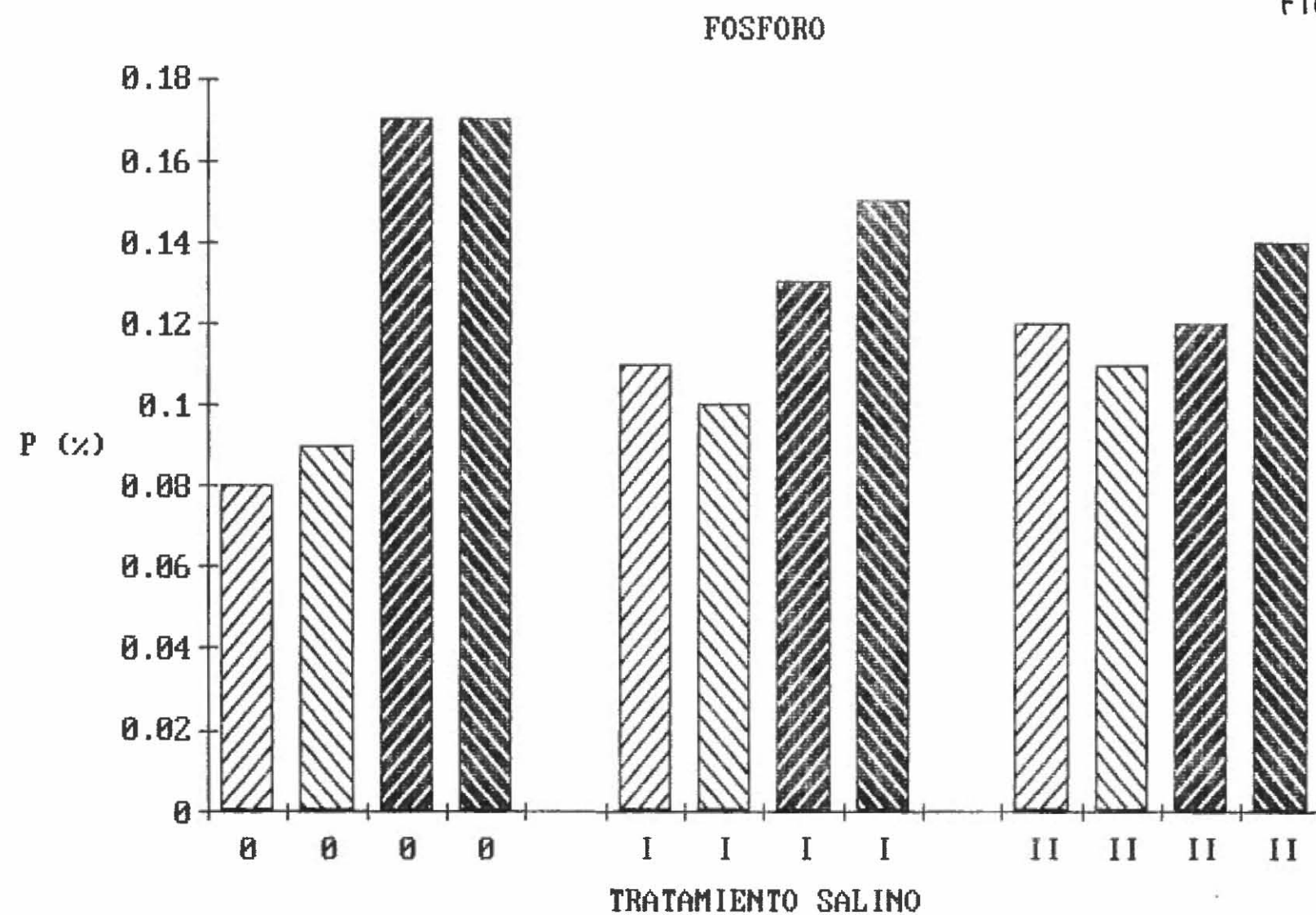
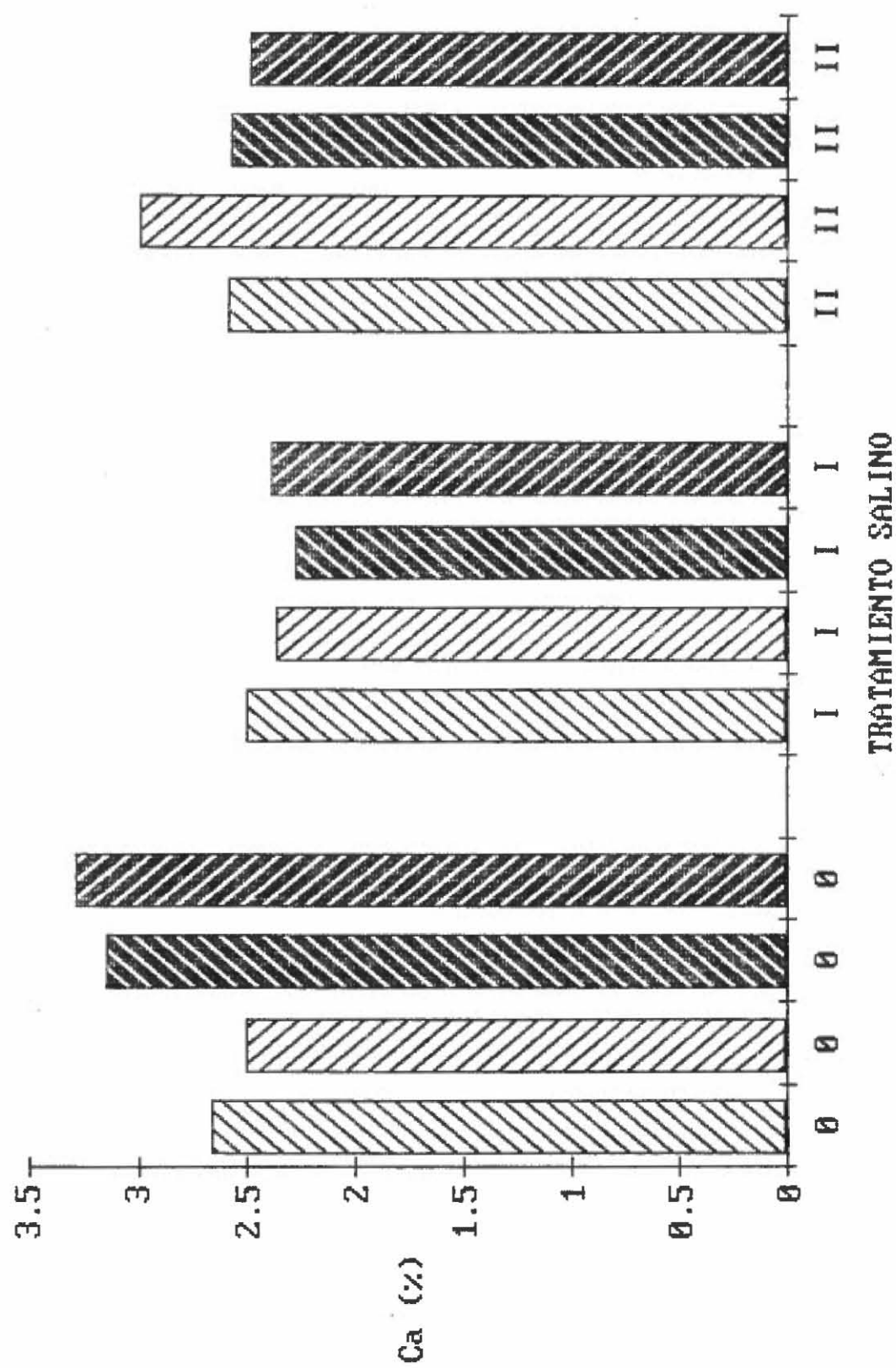




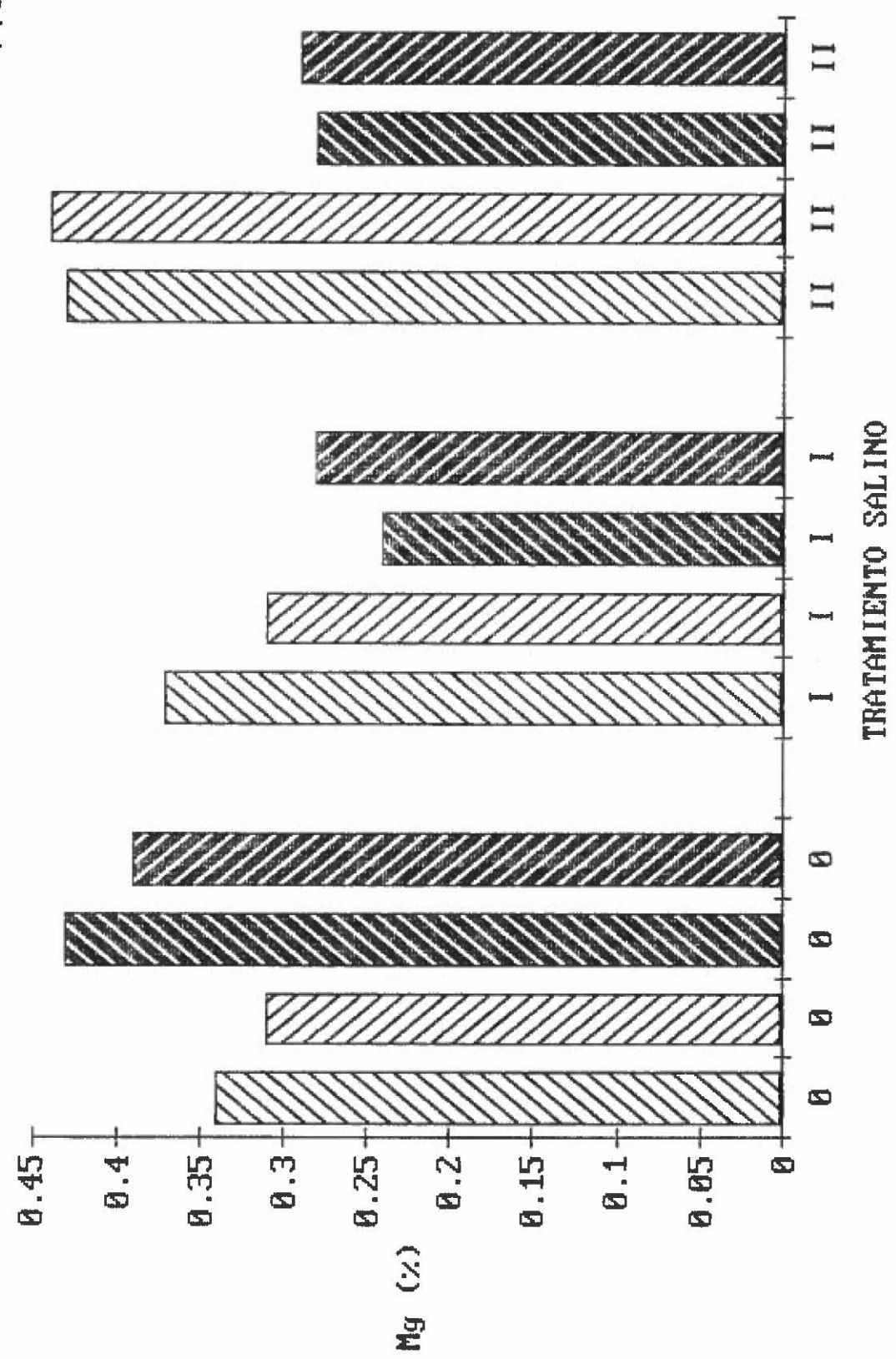
Fig. 5

## CALCIO



# MAGNESIO

FIG. 6



Los niveles de calcio mantienen valores similares para ambas especies, no pudiéndose atribuir las pequeñas diferencias existentes a los diferentes grados de salinidad, ni al tipo de cultivo.

### Magnesio

Se trata de un elemento muy móvil y cuya deficiencia provoca un aumento en la absorción de calcio y potasio, produciéndose desequilibrios nutritivos. Forma parte de la clorofila y es activador de diversos sistemas enzimáticos. Su contenido en leguminosas varía entre 0.05 y 1.5 %.

Las concentraciones parecen ser algo superiores en Melilotus. En ésta especie se observa un aumento del nivel de calcio al crecer la salinidad, no apreciándose tal incremento en el caso de Medicago. No hay diferencias entre los dos tipos de cultivos.

### IV.1.2. Micronutrientes

#### Hierro

El hierro es constituyente de las proteínas hémicas y no hémicas involucradas en la fotosíntesis y fijación de nitrógeno. Interviene también en procesos de óxido reducción y en la activación de enzimas. Se transporta a través de la planta en forma de quelatos, pudiendo ser absorbido en la misma forma. Es el nutriente que pone en evidencia de forma

más patente la presencia de suelo como agente contaminante de las plantas.

En primer lugar destacan las mayores concentraciones de hierro obtenidas en Medicago con respecto a Melilotus, con una proporción de casi el doble de la primera frente a la segunda. Se observa también un aumento de las concentraciones de hierro en ambas especies a medida que aumenta la salinidad aunque habría que señalar las grandes variaciones de concentración que se obtienen de unas muestras a otras, lo que hace pensar en múltiples factores que podrán influir en las cantidades de hierro acumuladas en las plantas. Por otro lado, no parece existir correlación entre las concentraciones y el tipo de cultivo.

#### Cobre

El cobre es un elemento móvil. Participa en sistemas enzimáticos redox y también es constituyente de la plastocianina.

A la vista de los resultados de los análisis no es posible establecer una relación entre los diferentes tratamientos salinos y las concentraciones de cobre observadas en ambas especies, tampoco se aprecian diferencias que puedan atribuirse al tipo de cultivo. Sólo cabe señalar concentraciones ligeramente superiores en Medicago que en Melilotus.

## Manganeso

El manganeso actúa como activador de enzimas, interviene en procesos de óxido-reducción y participa en la fotólisis del agua del fotosistema II.

Parece existir una correlación entre las concentraciones de manganeso y los tratamientos salinos, ya que se aprecian mayores concentraciones a medida que aumenta la salinidad, esto se observa sobre todo en Melilotus, ya que en Medicago las concentraciones se incrementan más ligeramente. Por esta razón las concentraciones de Medicago son mayores en el control, siendo inferiores que las de Melilotus cuando se aplican tratamientos salinos. No se observan diferencias entre cultivos puros y cultivos mixtos.

## Zinc

Es un elemento muy móvil. Forma parte de distintos sistemas enzimáticos.

Son observables niveles superiores de zinc en Medicago que en Melilotus. Sin embargo no se aprecian diferencias significativas entre unos tratamientos salinos y otros, tampoco entre cultivos puros y mixtos.

En general y mirando globalmente las concentraciones de los microelementos, se observan mayores concentraciones en Medicago que en Melilotus, salvo en el caso del manganeso. En cuanto a los distintos grados de salinidad, o bien no se

aprecian diferencias entre los diferentes tratamientos (zinc y cobre) o bien las concentraciones aumentan a la vez que lo hace la salinidad (hierro y manganeso).

TABLA 7. MICROELEMENTOS PARTE AEREA

TRATAMIENTO ESPECIE Y CULTIVO	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
O-M-CP	171.5	12.5	37	27.5
(1) 15.55		2.65	4.97	3.87
O-M-CM	253.75	7.5	42	46.75
2.62		0.58	4.08	28.43
O-A-CP	361.25	15.25	53	53
55.27		2.22	2	11.75
O-A-CM	227.25	11.75	55.25	67.5
106.89		2.87	14.17	23.56
I-M-CP	213	12.25	79.75	39.5
73.56		2.99	6.85	8.5
I-M-CM	222	7.25	71	31.75
12.3		2.87	11.22	3.5
I-A-CP	504.25	11.75	55	36
211		2.06	8.04	2.83
I-A-CM	370	17.5	66.5	54.75
26.39		11.38	9.11	25.59
II-M-CP	216.25	11	107.75	39.5
54.88		2.94	11.95	8.96
II-M-CM	306.5	11	100.25	32.25
63.92		1.15	11.52	3.7
II-A-CP	308.75	11.5	56.75	50.25
111.14		2.38	8.99	13.23
II-A-CM	868.25	12.75	77.25	48.5
417.45		0.5	13.87	7.77

(1) El segundo valor es la desviación estándar.

FIGURAS 7, 8, 9 y 10 : Variación del contenido de micronutrientes en plantas en función de la salinidad, de la especie y del tipo de cultivo.

Rayado claro: Melilotus indica

Rayado oscuro: Melilotus segetalis

Rayado a la derecha (///): Cultivo puro

Rayado a la izquierda: Cultivo mixto





FIG. 8

COBRE

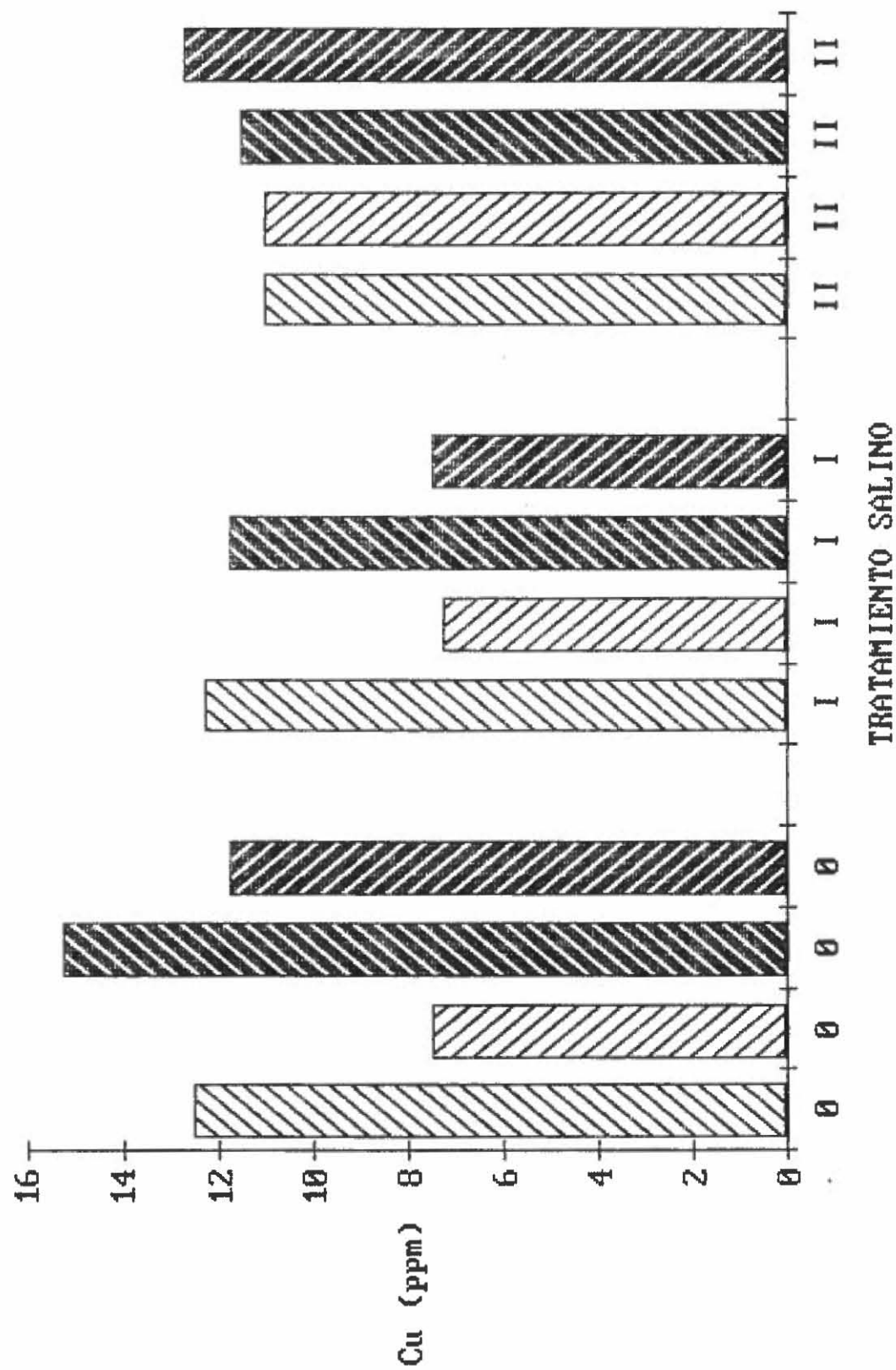
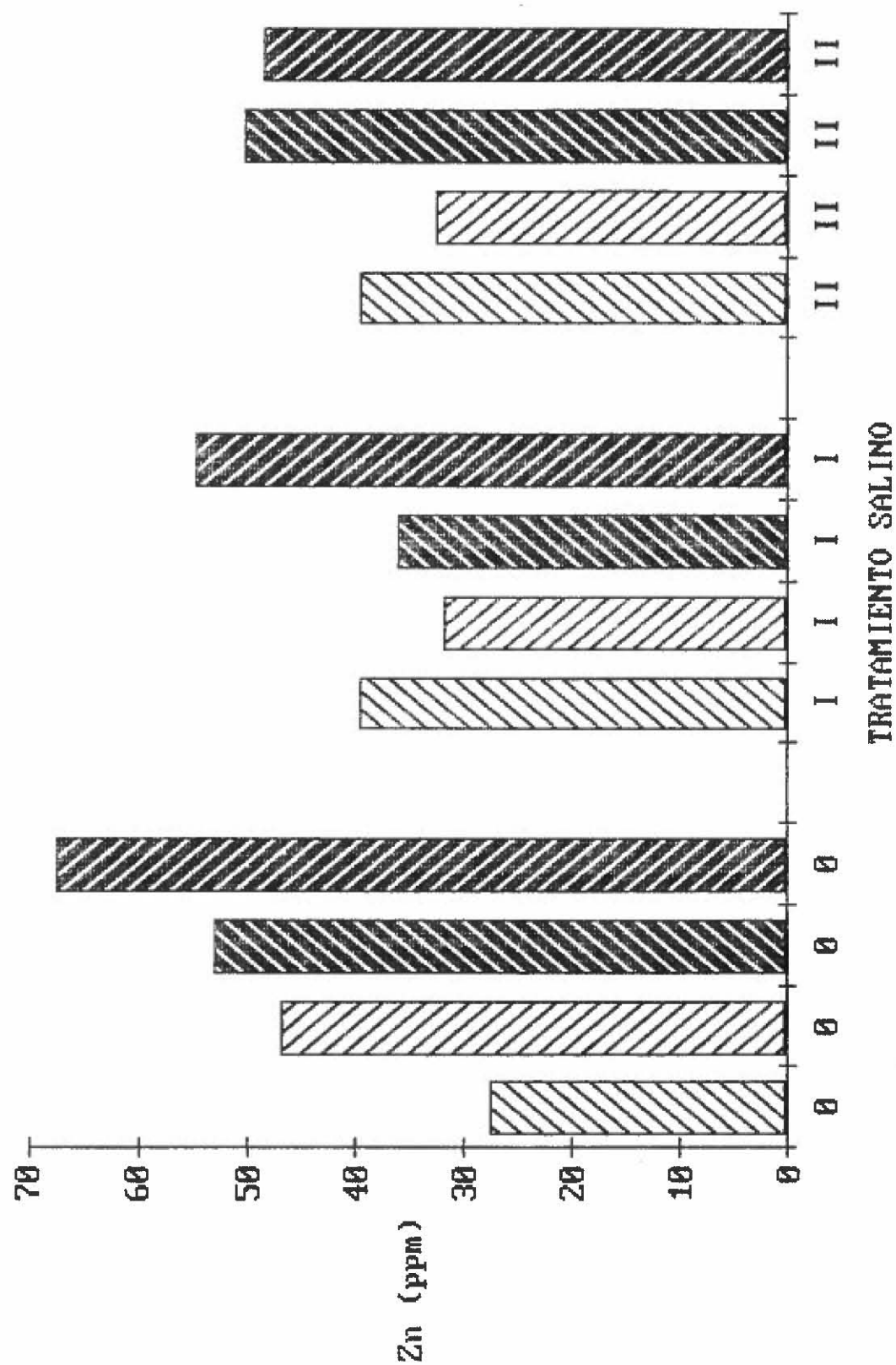




FIG. 10

ZINC



#### IV.2. COMPETENCIA Y PRODUCCION DE BIOMASA

##### IV.2.1. PRODUCCION DE BIOMASA Y COMPETENCIA ENTRE MELILOTUS INDICA Y MELILOTUS SEGETALIS

Al observar la figura, inmediatamente apreciaremos una notable diferencia entre los controles y los dos tratamientos salinos, no existiendo tanta diferencia entre el tratamiento I y el II. Estas diferencias son atribuibles sin duda al aumento de la salinidad, ya que aunque podrían influir otros factores tales como el nivel de nutrientes, humedad o temperatura, estos últimos se han procurado mantener similares para todos los contenedores. Veremos también que mientras que en el control las producciones de Melilotus segetalis son ligeramente superiores a las de Melilotus indica, en el tratamiento I las de esta última están claramente por encima de las de la primera. También en el tratamiento II las producciones de M.indica resultan sensiblemente superiores a las de M. segetalis, aunque en este caso las diferencias sean algo menores, lo cual nos lleva a suponer una mayor adaptabilidad a condiciones salinas de la especie M. indica frente a M. segetalis.

Cabe señalar también que las producciones de M. segetalis en cultivos mixtos son ligeramente superiores a las producciones en cultivos puros. En M. indica parece suceder lo contrario, aunque las diferencias son mínimas, produciéndose las mayores diferencias en el tratamiento II,

cuando el tipo de cultivo debería tener menor incidencia, dado que en estas condiciones de elevada salinidad el crecimiento y por tanto la utilización de recursos por las plantas queda muy limitado, por lo que no debe existir una auténtica competencia. Por todo ello esas pequeñas diferencias no parece que puedan atribuirse a que una especie presente una mayor capacidad competitiva que la otra.

#### IV.2.2. PRODUCCION DE BIOMASA Y COMPETENCIA ENTRE MELILOTUS SEGETALIS Y MEDICAGO SATIVA

Como ya se dijo anteriormente esta experiencia se llevó a cabo a principios de 1990 y sus resultados han sido extraídos del proyecto de Manuel Saldaña.

Atendiendo a la figura llaman la atención las grandes diferencias existentes entre las producciones de ambas especies, especialmente en el control, donde las de Melilotus segetalis son muy superiores a las de Medicago sativa. Destaca también un notable descenso de la producción de M. segetalis al aumentar la salinidad.

Tanto en el control como en el tratamiento I se observa que existe competencia entre las dos especies en el cultivo mixto, siendo sensiblemente mayores las producciones de M. segetalis en el cultivo mixto a las de cultivo puro. En el tratamiento II no se observa competencia, debido probablemente a que las plantas se limitan a la supervivencia

más que a colonizar el área que las rodea, siendo en este caso las diferencias entre ambas especies relativamente pequeñas.

Dados los resultados obtenidos se deduce una mayor adaptación de Melilotus a las condiciones de la experiencia centrando nuestra atención en los factores estudiados: competencia y resistencia a la salinidad, aunque las diferencias de producción no son grandes de un tratamiento salino a otro, destacando en todos ellos por sus pequeñas producciones.

A la vista de las dos experiencias anteriores, se observa como en la primera entre M. sativa y M. segetalis las diferencias entre ambas especies son notables sobre todo en cuanto a competencia se refiere, tendiendo a igualarse las producciones a medida que la salinidad aumenta aunque los valores de M. sativa son siempre mínimos.

En la segunda experiencia entre M. indica y M. segetalis las diferencias son más bien escasas, aunque es apreciable una superior producción de M. indica cuando las condiciones del medio son relativamente salinas.

FOTO 10. Melilotus en control.

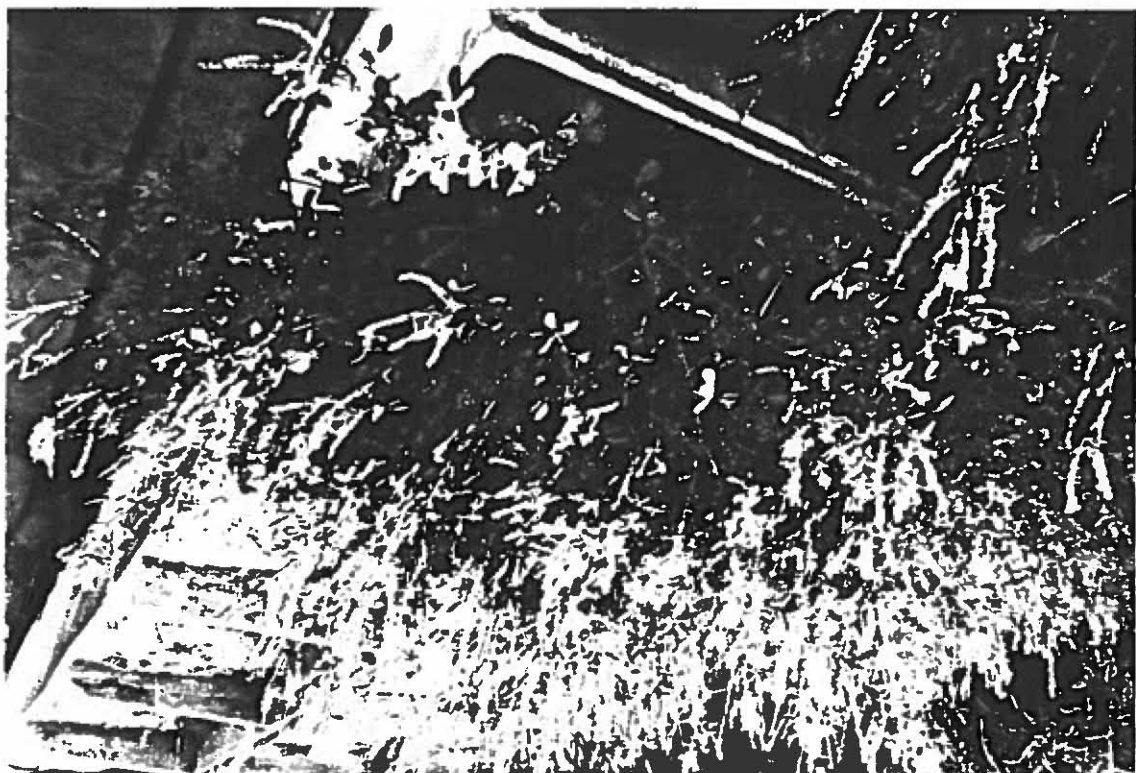


FOTO 9. Melilotus en contenedor con tratamiento II.





TABLA 8. Pesos obtenidos en las pruebas de competencia, en producción total (media por contenedor) y por planta.

-----			
TRATAMIENTO SALINO			
	CONTROL	I	II
-----			
PESOS POR PLANTA (g)			
-----			
M. indica			
cultivo puro	3.81	3	1.84
(1)	3.22	3.25	1.45
cultivo mixto	4.16	2.63	1.61
	4.06	1.81	1.79
M. segetalis			
cultivo puro	4.07	1.45	0.92
	2.3	1.36	0.54
cultivo mixto	4.56	1.67	1.41
	2.57	1.33	1.06
-----			
PRODUCCIONES TOTALES			
-----			
M. indica			
cultivo puro	114.34	90.08	55.09
cultivo mixto	124.82	78.96	46.82
M. segetalis			
cultivo puro	122.01	43.6	27.69
cultivo mixto	136.74	50.27	40.98
-----			

(1) El segundo valor es la desviación estándar

FIGURA 11: Producción de biomasa en función de la salinidad, de la especie y del tipo de cultivo (Melilotus indica y Melilotus segetalis).

Rayado claro: Melilotus indica

Rayado oscuro: Melilotus segetalis

Rayado a la derecha (///): Cultivo puro

Rayado a la izquierda: Cultivo mixto

FIG. 11

PRODUCCION DE BIOMASA

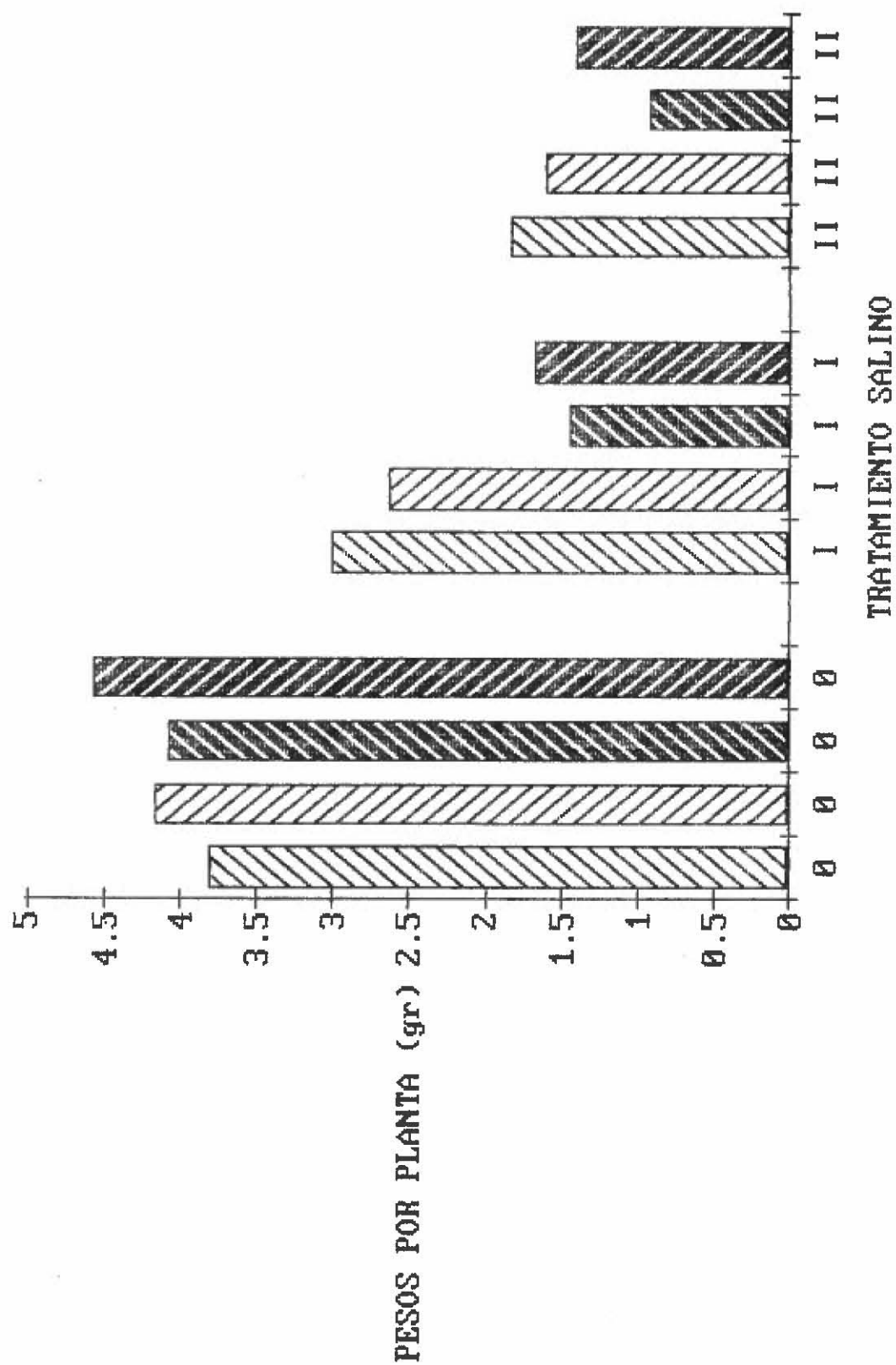


TABLA 9. Pesos obtenidos en las pruebas de competencia, en producción total (media por contenedor) y por planta. (Saldaña, 1990)

-----			
TRATAMIENTO SALINO			
	CONTROL	I	II
-----			
PESOS POR PLANTA (g)			
-----			
Medicago sativa			
cultivo puro	0.62	0.36	0.34
(1) 0.16		0.11	0.08
cultivo mixto	0.52	0.21	0.26
0.2		0.07	0.07
Melilotus segetalis			
cultivo puro	4.27	1.12	0.9
0.61		0.22	0.16
cultivo mixto	6.32	2.58	0.69
1.06		0.44	0.17
-----			
PRODUCCIONES TOTALES			
-----			
Medicago sativa			
cultivo puro	9.95	5.63	5.43
cultivo mixto	8.82	3.32	4.31
Melilotus segetalis			
cultivo puro	68.23	17.23	14.01
cultivo mixto	92.26	38.64	10.02
-----			

(1) El segundo valor es la desviación estándar

FIGURA 12: Producción de biomasa en función de la salinidad, de la especie y del tipo de cultivo (Medicago sativa y Melilotus segetalis)

Rayado claro: Melilotus segetalis

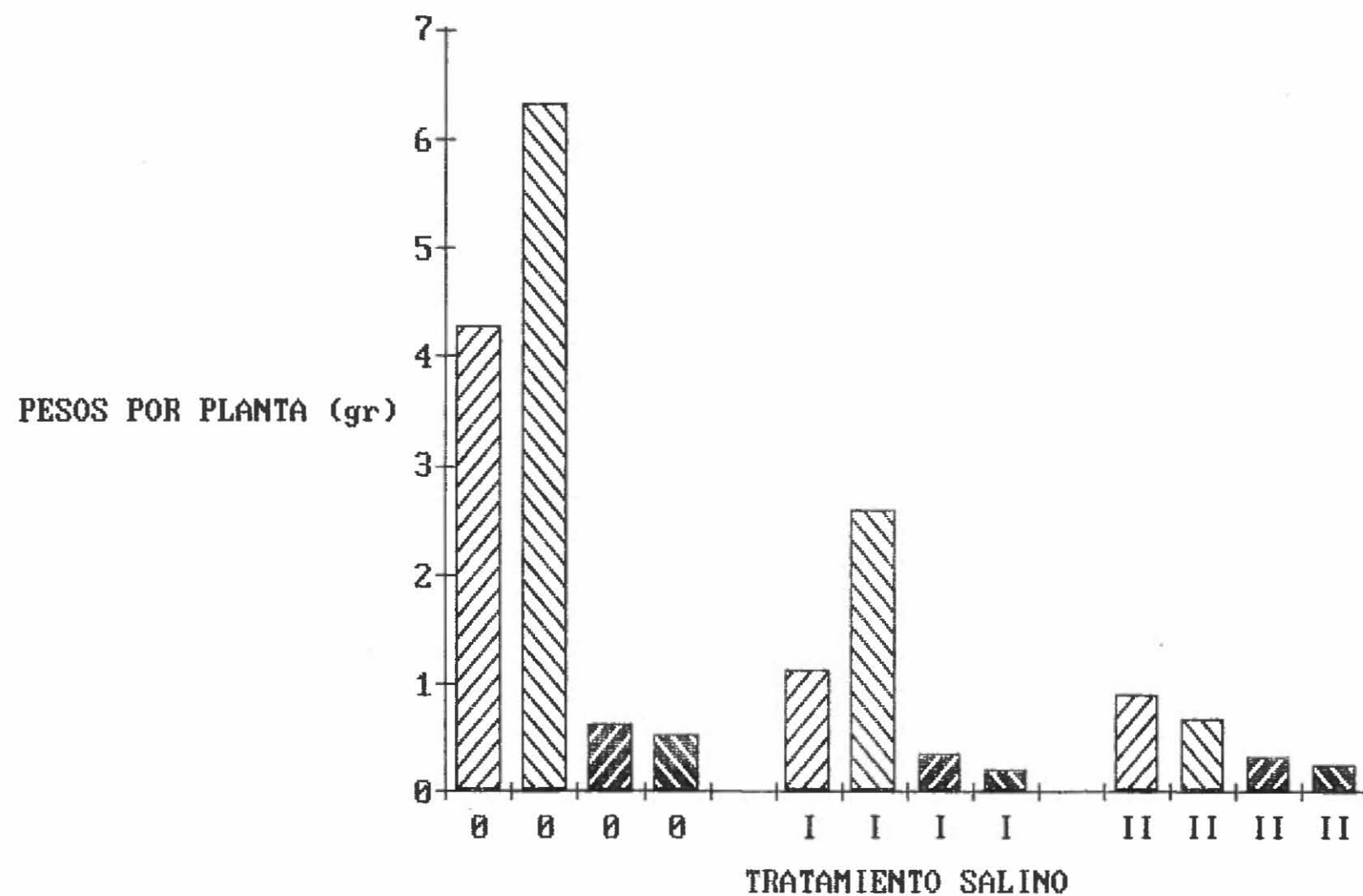
Rayado oscuro: Medicago sativa

Rayado a la derecha (///): Cultivo puro

Rayado a la izquierda: Cultivo mixto

# PRODUCCION DE BIOMASA

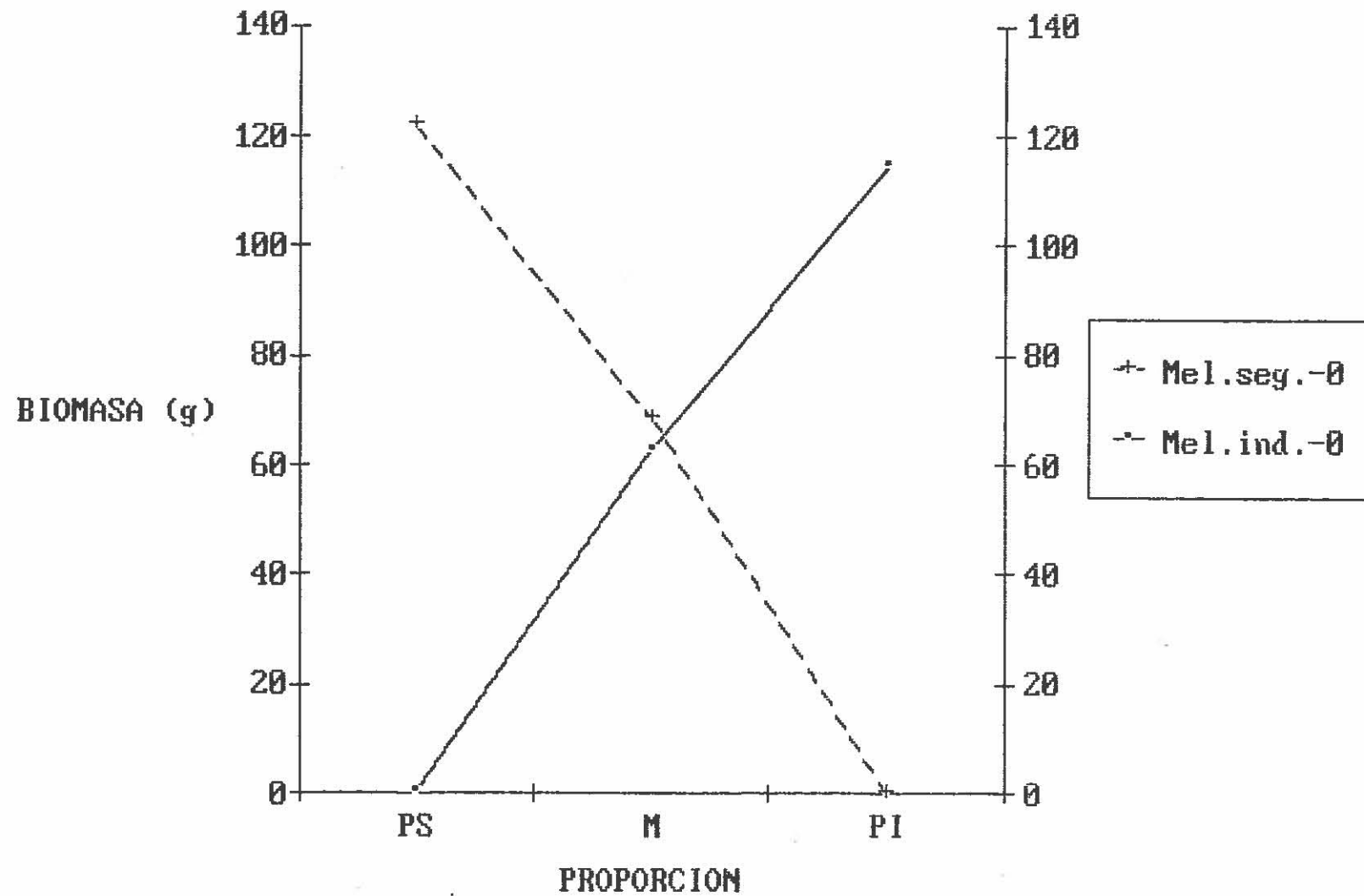
FIG. 12



FIGURAS 13, 14 y 15: Producciones en cultivo puro y cultivo mixto de Melilotus indica y Melilotus segetalis en CONTROL, TRATAMIENTO I y TRATAMIENTO II, respectivamente

CONTROL

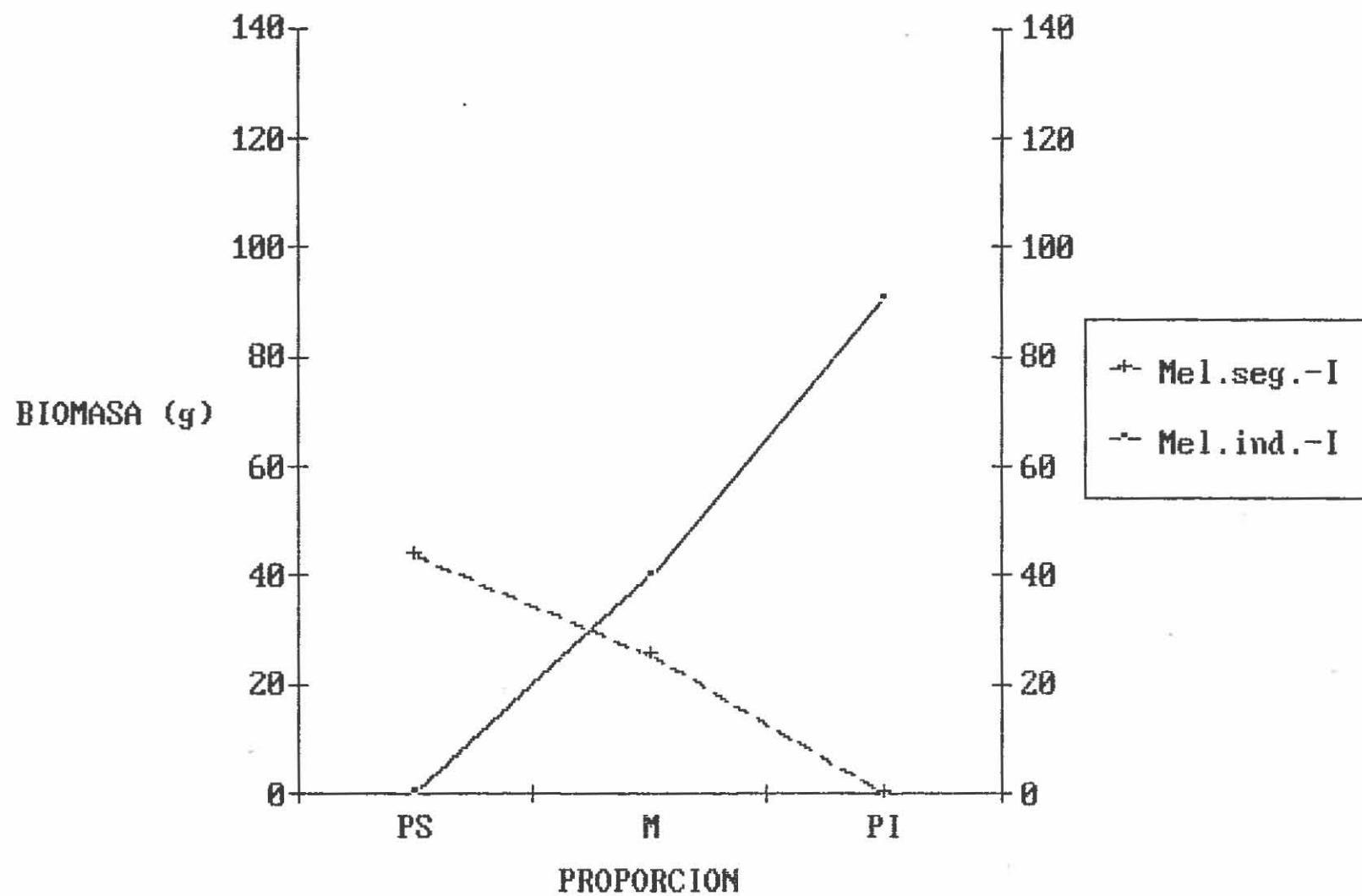
FIG. 13





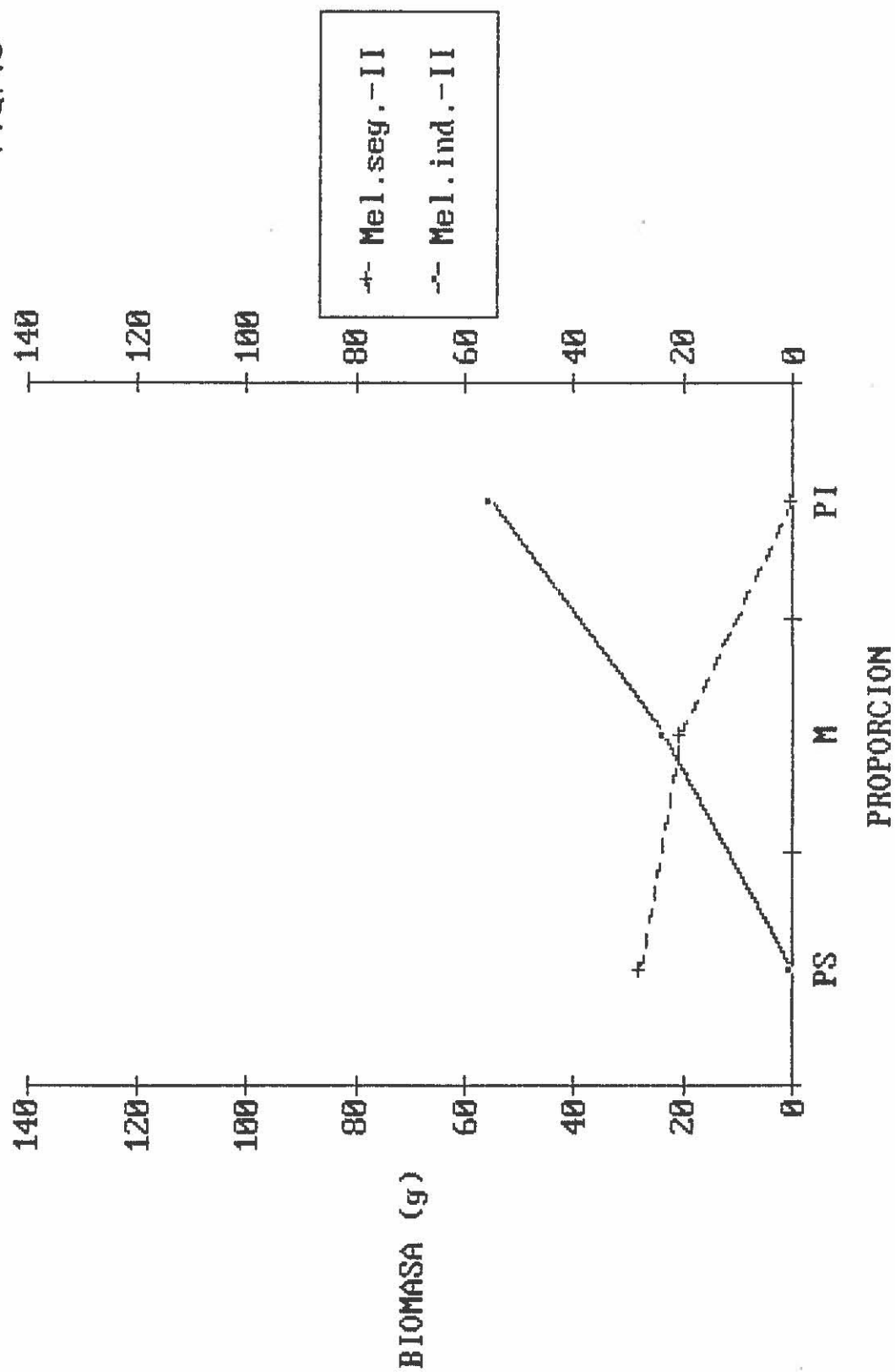
# TRATAMIENTO I

FIG. 14



# TRATAMIENTO II

FIG. 15



## V. CONCLUSIONES

Atendiendo a los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La especie Melilotus indica parece presentar una mayor tolerancia salina que Melilotus segetalis, ya que ofrece mayores producciones en los dos tratamientos salinos, tanto en cultivo puro como en mixto, aunque en el control las producciones de M. segetalis son ligeramente superiores, lo que hace pensar en una mayor productividad de esta última en condiciones de escasa salinidad.

La capacidad de competencia de M. segetalis quizás sea algo superior a la de M. indica, ya que sus producciones en cultivo mixto son siempre superiores a las de cultivo puro aunque las diferencias son más bien escasas, en M. indica sucede más bien lo contrario, aunque las diferencias son quizás demasiado pequeñas para ser tenidas en cuenta. En los contenedores con alta salinidad las plantas se encuentran poco desarrolladas, con entrenudos cortos, hojas pequeñas y en ocasiones con cierta succulencia. Su biomasa es escasa tanto en la parte aérea como en la raíz.

En cuanto a los elementos minerales; las concentraciones de sodio en M. indica siendo mayores en el control que las de M. segetalis, son inferiores en los dos tratamientos salinos, mientras que en el caso del potasio, cuya absorción es antagónica con la del sodio, sucede lo contrario: las concentraciones de potasio son mayores en M. indica cuando la

salinidad aumenta. Todo ello nos lleva a pensar también en una mayor adaptabilidad a condiciones salinas por parte de M. indica.

También los niveles de fósforo en M. indica se incrementan conforme aumenta la salinidad, evolucionando de forma contraria en M. segetalis, aunque los valores de esta última son siempre superiores. En el magnesio ocurre algo parecido, pero en este caso las concentraciones de M. indica son bastante superiores a las de M. segetalis cuando se acentúa la salinidad. En las concentraciones de calcio y nitrógeno no se aprecian diferencias significativas entre los diferentes tratamientos y las dos especies.

Por último entre los microelementos sólo en los niveles de manganeso se observa una evolución en las concentraciones que puede atribuirse a las diferencias de salinidad, aumentando las concentraciones de este elemento a medida que aumenta la salinidad en el caso de M. indica y manteniéndose constantes o creciendo levemente en M. segetalis. Cabe destacar en los microelementos las grandes diferencias de concentraciones que se producen entre unas muestras y otras, sobre todo en el hierro, el cobre y el zinc.

Dado que el año anterior se llevaron a cabo experiencias similares con M. segetalis tomando como referencia a una especie cultivada como es la alfalfa (Medicago sativa) y se obtuvieron prometedores resultados, puede afirmarse que ambas especies ofrecen una aceptable resistencia a la salinidad, por lo que se podría intentar un programa de mejora genética

tanto para incrementar esa tolerancia salina como para aumentar las producciones, con vistas a un posible aprovechamiento forrajero en zonas con problemas de salinidad. Es previsible un rápido avance en esa mejora, dado que se trata de dos especies silvestres que tan sólo han sufrido la selección natural, aunque gracias a ella han adquirido una interesante cualidad ante el problema de los suelos salinos. De todas formas previamente y para que las conclusiones extraídas puedan resultar seguras, deberán realizarse nuevas experiencias con el fin de seguir evaluando el potencial productivo y el comportamiento de ambas especies en condiciones salinas, así como experimentar con nuevas especies del género *Melilotus* que podrían poseer similares características.

## VI. BIBLIOGRAFIA

BARROSO, M. (1985). Estudio comparativo de la fracción mineral de diversas praderas de Andalucía Occidental. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.

BENTON JONES, J. Jr. (1982). Hydroponics: it's history and use in plant nutrition studies. Journal of plant nutrition, vol. 5, nº8, 1003-1030.

BRENA, M. A. (1989). Aprovechamiento de alpechín compostado y planta de Suaeda como fertilizantes orgánicos. Proyecto Fin de Carrera, EUITA. Universidad de Sevilla.

CARRASCO, R. C., MARANON, T. y ARROYO, J. (1991). Leguminosas mediterráneas con potencial pascícola: Melilotus. XXXI Reunión científica de la S.E.E.P. Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas. Murcia.

EPSTEIN, E. (1972). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.

FERNANDEZ, J. E. (1989). Comportamiento del olivo sometido a distintos regímenes hídricos con especial referencia a la dinámica del sistema radicular y de la transpiración.

FOTH, H. D. (1985). Fundamentos de la ciencia del suelo

GRANDE, R. (1952). Los suelos salinos, su rescate y aplicación a las Marismas del Guadalquivir. Publicaciones del Ministerio de Agricultura.

HARPER, J. L. (1977). Population biology of plants.

HERNANDEZ, J. M. (1989). Estudio de la acción de residuos sólidos de la ciudad de Sevilla (compost urbano) sobre el suelo y diversas especies vegetales. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

MARANON, T., GARCIA, L. V., MURILLO, J.M. y CLEMENTE, L. (1988). Recursos fitogenéticos para zonas salinas: leguminosas de las Marismas del Guadalquivir. II Congreso de la ciencia del suelo. 641-646.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. DIRECCION GENERAL DE POLITICA ALIMENTARIA. (1986). Métodos oficiales de análisis. Tomo III.

MORENO, A., GARCIA, L. V. y MARANON, T. (1991). Efecto de la salinidad sobre la composición y biomasa del pasto, en la Marisma del Guadalquivir. XXXI Reunión científica de la S.E.E.P. Pastoralismo en zonas áridas mediterráneas. Murcia.

OHLROGGE, A. J. (1960). Mineral nutrition of soybeans. Adv. Agron.: 12, 230-263.

PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS EUA. (1982). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.

PINTA, M. (1971). Spectrometria d' Absorption Atomique Applications a' L'Analyse Chimique. Vol.2, O.R.S.T.O.M. Masson et Cie. Paris.

PINTA, M. y MIEMBROS DEL COMITE INTER-INSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE LAS TECNICAS ANALITICAS DE DIAGNOSTICO FOLIAR. (1969). Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux: N, P, Na, Ca, Mg. Oleagineux, 24, 497-504.

PINTA, M. y MIEMBROS DEL COMITE INTER-INSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE LAS TECNICAS ANALITICAS DE DIAGNOSTICO FOLIAR. (1973). Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Oleagineux, 2, 87-92.

RIOBOO, C. (1990). Estudio de las respuestas a la salinidad de leguminosas forrajeras. Ensayos con Melilotus indica y Melilotus messanensis. Proyecyo Fin de Carrera, EUITA. Universidad de Sevilla.



SALDAÑA, M. (1990). Estudio del comportamiento de la especie Melilotus segetalis como leguminosa forrajera en condiciones de salinidad. Proyecto Fin de Carrera, EUITA. Universidad de Sevilla.

STEVENSON, G. A., (1969). An agronomic and taxonomic review of genus Melilotus Mill. Canadian Journal of Plant Science.

VALDES, B., TALAVERA, S. y FERNANDEZ-GALIANO, E. (1987). Flora vascular de Andalucía Occidental. Vol. 2.

